



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

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

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL RIEGO SOBRE EL  
DESARROLLO AGRO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO  
LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL- CHONE**

**AUTORES:**

**LILIBETH CRISTINA CAJAPE BRAVO**

**JOSE ENRIQUE MERO LUCAS**

**TUTOR:**

**ING. CRISTIAN SERGIO VALDIVIESO LÓPEZ Ph. D**

**CALCETA, JULIO 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Lilibeth Cristina Cajape Bravo, con cédula de ciudadanía 1350888069, y Jose Enrique Mero Lucas con cédula de ciudadanía 0803447283, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL RIEGO SOBRE EL DESARROLLO AGRO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL- CHONE** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

Lilibeth Cristina Cajape Bravo  
CC:1350888069



---

Jose Enrique Mero Lucas  
CC: 0803447283

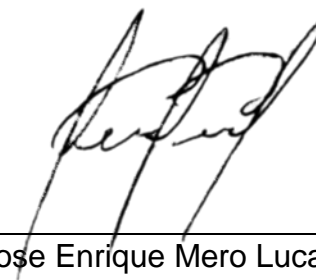
## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Lilibeth Cristina Cajape Bravo, con cédula de ciudadanía 1350888069, y Jose Enrique Mero Lucas con numero de ciudadanía 0803447283, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL RIEGO SOBRE EL DESARROLLO AGRO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL- CHONE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

Lilibeth Cristina Cajape Bravo  
CC:1350888069



---

Jose Enrique Mero Lucas  
CC: 0803447283

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Cristian Sergio Valdivieso López, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: 0803447283, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL RIEGO SOBRE EL DESARROLLO AGRO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL- CHONE**, que ha sido desarrollado por: Lilibeth Cristina Cajape Bravo y Jose Enrique Mero Lucas previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

Ing. Cristian Sergio Valdivieso López, Ph. D  
CC: 1717929283  
**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos APROBADO el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DEL RIEGO SOBRE EL DESARROLLO AGRO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL- CHONE**, que ha sido desarrollado por Lilibeth Cristina Cajape Bravo y Jose Enrique Mero Lucas, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

Ing. Lenin Oswaldo Vera Montenegro, Ph. D  
CC: 1309126462  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Jose Lizardo Reyna Bowen. Ph. D  
CC:1309899407  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Ángel Frowen Cedeño Sacón, M. Sc  
CC: 1310353121  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

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

A agradecer a Dios por bendecirnos e iluminarnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque nos diste la sabiduría e hiciste realidad nuestros sueños que siempre quisimos cumplir.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola los cuales brindaron sus conocimientos de forma magistral e imborrable para construirnos en profesionales a lo largo de nuestra trayectoria de formación.

Agradecemos a nuestro tutor el Ingeniero Cristian Valdivieso por compartir todos sus conocimientos, por darnos la oportunidad de trabajar con él, y ser de las personas que nos apoyaron para realizar este trabajo, por su aporte, guía y paciencia.

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y el que me ha dado la capacidad y fuerza para no darme por vencido y luchar día tras día y así poder lograr esta meta.

A mis padres, Jose Cajape Santana y Bélgica Bravo Vélez, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido el pilar fundamental de mi educación. Su constante aliento y creencia en mí me han impulsado a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

A mis hermanos Jose Cajape Bravo, Iskra Cajape Bravo por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. Agradezco especialmente a mi hermana menor, Sheyla Cajape Bravo, quien ha brindado un apoyo inquebrantable a lo largo de este proceso. Su constante respaldo ha sido invaluable para mí en momentos innumerables.

A mis amigos, cuya amistad y camaradería han hecho que cada día valga la pena. Gracias por las risas, el ánimo y las conversaciones profundas que han enriquecido mi vida.

A ingeniero Cristian Valdivieso López, por su orientación experta y dedicación en la supervisión de este proyecto. Su compromiso con mi crecimiento académico ha dejado una huella perdurable en mi formación.

**LILIBETH CRISTINA CAJAPE BRAVO**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, cuyo amor y paciencia infinitos han sido mi roca en momentos de duda y desafío. Gracias por creer en mí y por ser mi constante guía.

Al ingeniero Cristian Valdivieso López, mi mentor y guía en este camino académico. Su sabiduría y orientación han iluminado mi camino y me han impulsado a superar mis límites.

A mis amigos y seres queridos, quienes han compartido mis alegrías y desafíos, y han sido mi red de apoyo en cada paso del camino.

A todos aquellos cuyas contribuciones no pueden ser capturadas en palabras, pero que han dejado una marca indeleble en mi vida y en mi desarrollo académico.

Este trabajo es una manifestación de gratitud hacia ustedes, quienes han sido los cimientos sobre los cuales he construido este logro. Sus influencias se entrelazan en cada página y en cada idea, y les dedico este logro con todo mi corazón.

**JOSE ENRIQUE MERO LUCAS**



## CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO DE TABLAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.    OBJETIVOS.....	3
1.3.1.    Objetivo General .....	3
1.3.2.    Objetivos Específicos.....	3
1.4.    HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.    PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR .....	4
2.2.    MAÍZ EN EL MUNDO, ECUADOR Y MANABI.....	4
2.2.1.    Tipos de maíz cultivados en Manabí, Ecuador.....	5
2.3.    Efectos del AGUA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO.....	6
2.4.    DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA CARRIZAL CHONE .....	7
2.5.    PROGRAMACIÓN DE RIEGO.....	8
2.5.1.    Tipos de programación de riego.....	8
2.5.2.    Modelos de programación de riego.....	9
2.6.    RIEGO DEFICITARIO.....	10
2.6.1.    Tipos de Riego Deficitario .....	11
2.7.    Riego sin déficit.....	11
2.8.    ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ .....	12
2.8.1.    Germinación.....	12
2.8.2.    Emergencia .....	13
2.8.3.    Desarrollo Vegetativo .....	13
2.8.4.    Formación de la Espiga.....	14
2.8.5.    Floración .....	15

2.8.6.	Fertilización .....	15
2.8.7.	Desarrollo del Grano .....	16
2.8.8.	Senescencia y Secado.....	17
2.8.9.	Cosecha .....	17
2.8.10.	Postcosecha .....	18
CAPÍTULO III: DESARROLLO METODOLÓGICO .....		19
3.1.	UBICACIÓN .....	19
3.1.1.	Características climáticas.....	19
3.2.	DURACIÓN.....	19
3.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	20
3.3.1.	Revisión bibliográfica .....	20
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	21
3.5.	VARIABLE DE ESTUDIO.....	22
3.6.	ANÁLISIS DE DATOS .....	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		25
4.1.	Efecto del manejo agronómico de riego sobre la agro productividad del cultivo de maíz bajo las condiciones climáticas del valle Carrizal Chone.....	25
4.2.	Efecto económico en función de los diferentes manejos agronómicos de riego en el cultivo de maíz	30
4.3.	Determinar la influencia del manejo agronómico de riego en la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz en el Valle Carrizal - Chone .....	32
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		34
5.1.	CONCLUSIONES .....	34
5.1.1.	Objetivo General .....	34
5.1.2.	Objetivos Específicos .....	34
5.2.	RECOMENDACIONES .....	35
BIBLIOGRAFÍA.....		37

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de maíz cultivados en Manabí .....	5
Tabla 2. Tipos de Programación de Riego .....	8
Tabla 3. Modelos de Programación de Riego .....	9
Tabla 4. Tipos de Riego Deficitario .....	11
Tabla 5. Tipos de maíz cultivados en Manabí .....	15
Tabla 6. La etapa de fertilización del maíz .....	15
Tabla 7. Condiciones climáticas del sitio "El Limón" serie histórica 2011-2021 .....	19
Tabla 8. Revisiones sistemáticas .....	20
Tabla 9. Efecto del manejo agronómico de riego sobre la agro productividad del cultivo del maíz, en función del tratamiento. ....	25
Tabla 10. Efecto económico en función de los diferentes manejos agronómicos de riego .....	30

## RESUMEN

Este estudio tuvo como principal objetivo evaluar el impacto potencial del manejo agronómico del riego en el cultivo de maíz en el Valle Carrizal – Chone mediante la revisión documental de trabajos previamente realizados. El enfoque metodológico se centró en la revisión de la literatura relacionada con metodologías específicas de riego, como el Riego tradicional (sin déficit hídrico) y metodologías de riego deficitario como el riego Deficitario Controlado (RDC) y el Secado Parcial de Raíces (PRD), con el objetivo de comprender su influencia en la agro productividad y el margen bruto sobre el cultivo de maíz. La revisión bibliográfica resaltó que como era de esperar, cuando el cultivo no sufrió estrés hídrico, el rendimiento alcanzó el potencial, siendo la media cerca de un 30% mayor en comparación a los tratamientos deficitarios. En cuanto a las metodologías deficitarias, el RDC resultó ser la metodología que permite potencializar la productividad del agua frente a otras metodologías al distribuir el agua conociendo las etapas de sensibilidad hídrica. En cuanto a la metodología de PRD, alternar cada una semana el lado de humedecimiento resultó mejor sobre las variables agro productivas que alternar cada dos semanas. Aunque los resultados son contingentes a las condiciones específicas del Valle Carrizal - Chone, la investigación indica que ajustar el manejo del agua es crucial para la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz en el sector. Por lo tanto, el presente análisis bibliográfico destaca la necesidad imperativa de futuras investigaciones de campo para validar y cuantificar estos hallazgos, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones en la agricultura local.

**Palabras clave:** Cambio climático, cultivo de maíz, manejo agronómico, recursos hídricos, rendimiento, rentabilidad, riego deficitario, uso eficiente del agua, valle Carrizal Chone.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential impact of agronomic irrigation management on maize cultivation in the Carrizal Valley – Chone through a review of previously conducted works. The methodological approach focused on the literature review related to specific irrigation methodologies, such as Traditional Irrigation (without water deficit) and deficit irrigation methodologies like Deficit Irrigation Control (DIC) and Partial Root Drying (PRD), with the objective of understanding their influence on crop productivity and gross margin in maize cultivation. The literature review highlighted that, as expected, when the crop did not experience water stress, the yield reached its potential, with an average of approximately 30% higher compared to deficit treatments. Regarding deficit methodologies, DIC proved to be the methodology that enhances water productivity compared to others by distributing water based on the crop's water sensitivity stages. Concerning the PRD methodology, alternating the wetting side every week showed better results on agro- productive variables than alternating every two weeks. Although the results are contingent on the specific conditions of the Carrizal Valley - Chone, the research indicates that adjusting water management is crucial for the sustainability and profitability of maize cultivation in the region. Therefore, this bibliographic analysis emphasizes the imperative need for future field research to validate and quantify these findings, thus providing a solid foundation for decision-making in local agriculture.

**Keywords:** Climate change, agronomic management, corn cultivation, deficit irrigation, efficient water use, profitability, resource management, Carrizal Chone Valley, water resources, yield.

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La degradación del suelo, la escasez de recursos hídricos y el cambio climático, generados en gran medida por la actividad humana, plantean desafíos significativos en el ámbito agrícola a nivel mundial. La FAO (2019) ha resaltado la creciente amenaza que estos fenómenos representan para la producción agrícola y los servicios ecosistémicos, especialmente en regiones con una marcada dependencia económica de esta actividad. La Provincia de Manabí no escapa a esta problemática, y el sector maicero enfrenta obstáculos notables debido a la insuficiencia de agua, como lo evidencian informes que documentan impactos en más de 108,000 hectáreas de cultivo (Pérez, 2020).

En un panorama donde la población global continúa expandiéndose, la demanda por tierras productivas se incrementa, intensificando la presión sobre los recursos hídricos para uso agrícola (Ojeda et al., 2019). En este contexto, adquiere importancia crítica que los sistemas de riego se orienten hacia una mayor productividad a través de la optimización del uso eficiente del agua. Esta optimización conlleva la adopción de enfoques que permitan aumentar la producción en términos sostenibles y con costos mínimos, garantizando la disponibilidad de recursos para las futuras generaciones en condiciones favorables (León et al., 2019)

En el ámbito específico del cultivo de maíz, una problemática destacada en la gestión del riego es la carencia de información precisa para la toma de decisiones. La provisión de datos climáticos en tiempo real, el respaldo técnico especializado en riego, el uso de tecnologías de monitoreo de la humedad del suelo y la implementación de prácticas basadas en conocimientos técnicos idóneos constituyen pilares esenciales para mejorar la eficiencia en la utilización del agua, conservar la salud del suelo y ampliar la productividad del maíz (Fontanella y Aumass, 2022)

Por otro lado, es notorio que los cultivos bajo riego frecuentemente exhiben producciones que duplican o triplican a las obtenidas en cultivos dependientes únicamente de la lluvia (Duarte et al., 2020). No obstante, la agricultura es afectada por variables climáticas como la temperatura y la precipitación, cuyas variaciones pueden manifestarse en diferentes escalas temporales y en consonancia con las características específicas de cada región.

Dentro de este contexto, surge una interrogante de investigación central: ¿Qué enfoque de manejo agronómico del riego influye de manera más efectiva en el comportamiento agro productivo del maíz, considerando las condiciones climáticas del Valle del Río Carrizal? La respuesta a esta pregunta es vital para discernir las prácticas de riego más idóneas con el fin de maximizar la producción de maíz en el Valle del Río Carrizal, mientras se adapta a las particularidades climáticas de la zona y se garantiza la sostenibilidad a largo plazo de esta valiosa actividad agrícola.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El estudio se justifica teóricamente al contribuir al conocimiento existente sobre los efectos de los manejos agronómicos de riego en el cultivo de maíz, proporcionando información valiosa sobre su adaptabilidad y eficiencia en un contexto específico. Además, se respalda metodológicamente mediante un enfoque riguroso que involucra la recopilación de datos climáticos, análisis estadístico y evaluación de prácticas agronómicas y técnicas de riego, con el objetivo de generar resultados confiables y reproducibles.

Desde una perspectiva social, el estudio adquiere relevancia al buscar soluciones para enfrentar los desafíos de la escasez de agua y el cambio climático en la producción de maíz. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados por agricultores, instituciones gubernamentales y otras partes interesadas para implementar prácticas más eficientes y sostenibles, contribuyendo así al desarrollo agrícola y a la preservación de los recursos naturales.

En términos prácticos, la investigación se justifica al proporcionar recomendaciones concretas y aplicables para mejorar el manejo del agua de riego en el cultivo de maíz en el Valle del Río Carrizal. Estas recomendaciones pueden conducir a un aumento en la productividad agrícola y a una mejor gestión de los recursos hídricos, generando beneficios tanto económicos como ambientales.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Establecer cómo el manejo agronómico de riego incide sobre el desarrollo agro productivo del maíz, considerando las condiciones climáticas del Valle Carrizal - Chone.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la respuesta agro-productiva del cultivo de maíz frente a diferentes manejos agronómicos que mejoren la productividad del agua de riego.
- Analizar el impacto económico, en términos de margen bruto, derivado de las estrategias de manejo agronómico de riego en el cultivo de maíz.
- Determinar la influencia del manejo agronómico de riego en la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz en el Valle Carrizal - Chone.

## **1.4. HIPÓTESIS**

La aplicación de diferentes manejos agronómicos de riego modifica la respuesta agro-productiva del cultivo de maíz



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR**

Según Orellana (2022), la demanda de agua ha experimentado un aumento seis veces mayor durante el último siglo. Se proyecta que para el año 2030, la discrepancia entre la demanda global de agua y la disponibilidad de agua dulce alcance un 40%, y se espera que esta brecha se amplíe aún más debido a factores como la crisis climática, el crecimiento demográfico y la transición hacia fuentes de energía más limpias.

Con el crecimiento proyectado para los próximos años, se espera un aumento en los impactos negativos de origen humano en los recursos naturales, particularmente en lo que respecta el recurso de agua para uso humano (Altieri, 2016; Arévalo et al., 2011). Según el informe del World Water Development de 2009, casi la mitad de la población mundial (47%) estará viviendo en regiones con altos niveles de estrés hídrico para el año 2030.

América Latina alberga la mayor reserva de agua dulce en el mundo, representando el 65% del total (Fernández, 2009). Ecuador, situado en la región andina, se destaca por poseer una significativa densidad de redes hídricas por unidad de superficie (Tromben, 2011). Este país disfruta de una ventaja notable en términos de disponibilidad de agua, con cada habitante de la vertiente costera contando con un promedio de 4,863.41 m<sup>3</sup> al año, y los habitantes de la vertiente amazónica con un promedio de 172,786.36 m<sup>3</sup> anuales por persona (Campos et al., 2014).

La mayor parte del consumo de agua en Ecuador se destina al riego, representando aproximadamente el 80% del consumo total. Sin embargo, las pérdidas asociadas con la captación, conducciones primarias, secundarias y terciarias, así como en el nivel de la parcela, resultan en eficiencias que oscilan entre el 15% y el 25%.

### **2.2. MAÍZ EN EL MUNDO, ECUADOR Y MANABI**

El cultivo de maíz en Ecuador destaca por su relevancia tanto a nivel doméstico como en la agroindustria. Este cereal desempeña un papel fundamental en la alimentación básica de las familias ecuatorianas y sirve como materia prima esencial para la industria (Pacheco et al., 2022). Como uno de los principales granos producidos en el país, el cultivo de maíz tiene un impacto económico significativo, generando ingresos para las familias locales (Analuisa et al., 2020).

La distribución de la producción de maíz muestra una clara predominancia en la Costa, abarcando el 78% de la producción total, seguida por la Sierra con un 14%, la Amazonia con un 6%, y un 2% en zonas no asignadas. Sin embargo, es crucial señalar que los precios del quintal de maíz experimentan variaciones anuales debido a las importaciones, lo que influye directamente en la producción nacional y sus resultados (Gómez, 2022).

A nivel nacional la superficie cosechada de maíz fue de 362.473 hectáreas presentando un decrecimiento del 1,0 % respecto al año 2021. El maíz está localizado principalmente en la Región Costa. En 2022, las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas representaron el 86,7 % de la superficie total cosechada de este producto. La producción de maíz alcanzó 1,6 millones de toneladas, lo que supuso una disminución del 3,4 % en comparación con el año anterior, siendo Manabí la segunda provincia con mayor producción con el 29,9 % (INEC, 2022).

En una perspectiva más positiva, que Villacís (2021) destaca son las mejoras notables en la productividad de la producción de maíz en Ecuador. Estos avances se han logrado mediante el uso de semillas de mayor potencial de rendimiento y la aplicación de precios mínimos de sustentación para los agricultores (Cheng y Palacios, 2019). El empleo de híbridos de alto rendimiento ha tenido un impacto significativo, elevando los ingresos de los agricultores y promoviendo un aumento en la oferta y demanda de semillas de calidad en el país (Guamán et al., 2020).

### 2.2.1. Tipos de maíz cultivados en Manabí, Ecuador

La diversidad del maíz (*Zea mays*) como cultivo agrícola es reflejo de su adaptación a diferentes entornos y necesidades humanas. En la región de Manabí, Ecuador, diversos tipos de maíz han sido cultivados durante generaciones, cada uno con sus propias características fisiológicas y usos particulares (Caviedes, 2019). Esta tabla presenta una visión general de algunos de los tipos de maíz más destacados en Manabí, resaltando sus características distintivas y sus aplicaciones tradicionales en la dieta humana y animal, así como en la gastronomía local.

**Tabla 1. Tipos de maíz cultivados en Manabí**

Tipo de Maíz	Características Fisiológicas	Uso	Zona de Cultivo
Maíz Amarillo Dentado	Granos amarillos dentados, desarrollo rápido	Consumo humano y animal	Manta, Portoviejo
Maíz Morado	Granos morados, antioxidantes	Consumo humano, alimentos	Jipijapa, Montecristi

Maíz Choclo	Granos tiernos, consumo cocido/asado	Consumo humano, gastronomía	Toda la provincia
Maíz Cónico	Granos puntiagudos, uso culinario	Uso en tamales, platillos	Rocafuerte, Chone
Maíz Blanco	Granos blancos, uso en alimentos	Masa, harina, productos	Santa Ana, Sucre

Nota: Elaborado por los autores

Los diversos tipos de maíz cultivados en la provincia de Manabí constituyen un valioso patrimonio agrícola y cultural que refleja la riqueza de la biodiversidad agrícola en la región. Desde el maíz amarillo dentado, con sus granos rápidamente desarrollados, hasta el maíz cónico utilizado en platillos culinarios, cada variedad tiene su lugar en la tradición culinaria y en la subsistencia de las comunidades locales (Mendoza et al., 2020). La conservación y promoción de esta diversidad de maíces no solo asegura la seguridad alimentaria, sino también la preservación de la identidad y la herencia cultural de Manabí (Gordón, 2015).

### **2.3. EFECTOS DEL AGUA SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO.**

Investigaciones previas en la respuesta del cultivo de maíz al déficit hídrico, encuentran que la presencia de un déficit hídrico en etapas vegetativas del cultivo reduce el área foliar, la elongación de los entrenudos, y el peso de hojas y tallos. La etapa reproductiva es la más sensible a la presencia de un estrés hídrico. En este momento, la deficiencia hídrica se manifiesta mediante la reducción en el número de granos por unidad superficie, debido al efecto de una deficiencia de carbohidratos en la esterilidad del gametofito femenino (Tarazona et al., 2022).

Para Giménez (2010) la primera sesión de riego debe realizarse antes o justo después de la siembra para mejorar el contenido de agua del suelo y ayudar a que las semillas germinen. En cualquier caso, entre 1 y 3 sesiones de riego deben cubrir las necesidades de la planta al final del ciclo vegetativo y la floración, manteniendo la humedad del suelo hasta en un 60 %. Por lo general, el suministro de agua se interrumpe después de la etapa de floración. Es esencial considerar que cualquier plan de riego que no satisfaga plenamente las necesidades del cultivo en cada etapa de crecimiento resultará en una pérdida de producción (Fang & Su, 2019).

Las necesidades hídricas de las plantas varían a lo largo del ciclo de cultivo. A medida que las plantas desarrollan una mayor superficie foliar, la demanda de agua también incrementa, alcanzando su consumo máximo cuando el dosel ha crecido

completamente, generalmente entre 40 y 60 días después de la siembra. El maíz alcanza un pico máximo de necesidad hídrica y es muy sensible a la escasez de agua durante la fase de floración y el granado temprano (entre 60 y 95 días después de la siembra) (Rancel et al., 2022).

Esto significa que un déficit hídrico severo en esa etapa afectará negativamente a la fertilización, el número de granos por mazorca y, como resultado, la producción final de maíz. Más específicamente, si la humedad del suelo se mantiene en el punto de marchitamiento durante 1-2 días o 6-8 días en este período, la producción final puede disminuir hasta un 20 % y más del 50 %, respectivamente. En contraste, el maíz muestra mayor tolerancia a la escasez de agua durante las primeras etapas de crecimiento vegetativo (hasta 40 días después de la siembra) y durante las etapas de granado tardío y maduración (110 días después de la siembra) (Cavero et al., 2018).

El exceso de riego también puede causar problemas graves y afectar negativamente a la producción final de maíz. Especialmente durante la floración, puede reducir la producción de una planta en más del 50 % (Yáñez G. et al., 2013).

## **2.4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL SISTEMA CARRIZAL CHONE**

La región de Chone, localizada en la provincia de Manabí, Ecuador, junto con el cantón Bolívar, específicamente en El Carrizal, presenta una marcada importancia climatológica que impacta directamente en el desarrollo agro productivo del cultivo de maíz en el Valle Carrizal.

Chone, caracterizado por un clima tropical húmedo, experimenta una estación lluviosa pronunciada de diciembre a mayo, seguida por una temporada seca de junio a noviembre. Estas variaciones climáticas pueden tener un efecto significativo en la producción de maíz, donde la abundante precipitación durante la época de lluvias y las condiciones de escasez de lluvia y altas temperaturas durante la temporada seca plantean desafíos particulares para el riego y la gestión agronómica del cultivo (Valentinuz y Uhart, 2018).

Por otro lado, Bolívar, específicamente en El Carrizal, comparte características climáticas similares debido a su proximidad geográfica con Chone. La variabilidad climática en esta región también se ve influenciada por fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, generando condiciones extremas y cambios abruptos en el clima.

Estos eventos climáticos tienen un impacto directo en la disponibilidad de agua y las condiciones de humedad del suelo, factores cruciales que afectan la productividad del cultivo de maíz en el Valle Carrizal (Montecelos, 2018; A. Álvarez et al., 2019).

## 2.5. PROGRAMACIÓN DE RIEGO

La programación del riego en el marco del riego deficitario, fundamentada en el concepto de Déficit Permitido en el Manejo del Riego (DPM), es crucial para optimizar el uso del agua en la agricultura. Se establecen distintos porcentajes de DPM según el cultivo, como cerca del 50% para cultivos en surcos y alrededor del 40% o menos para hortalizas (Rojas et al., 2019). Implica decisiones estratégicas para evitar déficits o excesos de humedad, considerando factores como tipo de suelo, etapa fenológica, evapotranspiración de referencia (ETO) y coeficientes de riego ( $K_c$  y  $K_y$ ) (Viqueira, 2020).

La correcta programación maximiza los beneficios del riego deficitario, mejorando la eficiencia hídrica y promoviendo una agricultura sostenible y resistente al cambio climático (Chavarri et al., 2019). En el Valle Carrizal, con variaciones climáticas, una adaptada programación del riego es esencial para el éxito agrícola.

### 2.5.1. Tipos de programación de riego

La programación del riego es un componente crucial en la gestión agrícola, determinando cuándo y cuánta agua aplicar a los cultivos. En el Valle Carrizal, donde la disponibilidad de agua fluctúa y las condiciones climáticas varían, la elección de la estrategia de programación de riego es vital para la productividad y sostenibilidad de los cultivos. Se presentan diversos tipos de programación de riego en la Tabla 2, cada uno con enfoques específicos para el contexto agrícola del Valle Carrizal. Se analizan las ventajas, desventajas y aplicaciones de cada método.

**Tabla 2. Tipos de Programación de Riego**

Tipo de Programación de Riego	Descripción	Aplicación
<b>Programación basada en calendario</b>	Se establece un calendario fijo para realizar los riegos, independientemente de las condiciones del suelo y la planta (López.E.et al., 2020).	Es comúnmente utilizado en cultivos de temporada y aquellos donde las condiciones climáticas son estables en el Valle Carrizal.
<b>Programación basada en la demanda</b>	Se ajusta la frecuencia y cantidad de riego de acuerdo con la demanda real de agua por parte de la planta y las condiciones del suelo (Cevallos y Marcillo, 2022).	Se ha aplicado en algunos cultivos del Valle Carrizal para optimizar el uso del agua y adaptarse a las condiciones cambiantes del clima.
<b>Programación basada en sensores</b>	Se utilizan sensores para medir la humedad del suelo, la temperatura y otros parámetros,	Es una técnica emergente que se ha probado en algunos cultivos de alta

	y en base a estos datos se programa el riego (García M. et al., 2019).	tecnología en el Valle Carrizal para mejorar la eficiencia del riego.
<b>Programación basada en modelos de simulación</b>	Se emplean modelos matemáticos y de simulación para predecir las necesidades de riego del cultivo en función de variables climáticas y del suelo (Meléndez, 2020).	Se ha estudiado su aplicación en cultivos de ciclo largo en el Valle Carrizal para optimizar la programación del riego y los recursos hídricos.

Nota: Elaborado por los Autores.

En conclusión, la elección adecuada de la programación de riego es esencial para optimizar el uso del agua y garantizar el desarrollo exitoso de los cultivos en el Valle Carrizal. Cada tipo de programación de riego tiene sus particularidades y beneficios, lo que ofrece a los agricultores diversas opciones para adaptarse a las condiciones cambiantes del clima y maximizar la eficiencia del riego.

La programación basada en calendario puede ser adecuada para cultivos de temporada con condiciones climáticas estables, mientras que la programación basada en la demanda y en sensores puede brindar mayor precisión y adaptabilidad para enfrentar situaciones variables. Por otro lado, la programación basada en modelos de simulación puede ser una herramienta poderosa para cultivos de ciclo largo y optimización de recursos hídricos. En última instancia, la elección de la estrategia de programación de riego dependerá de la combinación adecuada de factores como el tipo de cultivo, las características del suelo y las condiciones climáticas del Valle Carrizal.

### 2.5.2. Modelos de programación de riego

La programación de riego desempeña un papel crucial en la gestión hídrica agrícola, permitiendo una distribución eficiente y adecuada del recurso hídrico en función de las necesidades específicas de los cultivos y las condiciones ambientales. Diversos enfoques y modelos han sido desarrollados para optimizar esta práctica y maximizar los rendimientos de los cultivos, minimizando al mismo tiempo el uso excesivo de agua y las pérdidas por evaporación. En este contexto, la presente tabla destaca algunos de los modelos y enfoques más relevantes utilizados en la programación de riego, resaltando su descripción y posibles aplicaciones en diferentes contextos agrícolas.

**Tabla 3. Modelos de Programación de Riego**

Tipo de Programación de Riego	Descripción	Aplicación
<b>MOPECO (Modelo de Optimización del Riego por Pernoctación)</b>	Optimiza el riego nocturno para cultivos agrícolas, maximizando la eficiencia en el uso del agua y minimizando las pérdidas por evaporación durante el día (Ferreres y Goldhamer, 2020)	Aunque no se ha mencionado su aplicación específica en el Valle Carrizal, este modelo podría ser considerado en cultivos que requieran un manejo preciso del riego nocturno para evitar pérdidas innecesarias de agua.

<b>CROPWAT</b>	Programa desarrollado por la FAO que permite calcular la evapotranspiración y las necesidades de riego de los cultivos en función de datos climáticos y características del suelo (Blaya-Ros et al., n.d.).	Este programa podría ser aplicado en el Valle Carrizal para calcular las demandas de riego de los cultivos y planificar la programación de riegos de manera eficiente.
<b>AQUACROP</b>	Es un modelo de simulación de cultivos desarrollado por la FAO que estima la productividad de los cultivos bajo diferentes condiciones de riego y estrés hídrico (Ochoa, 2020).	Es una técnica emergente que se ha probado en algunos cultivos de alta tecnología en el Valle Carrizal para mejorar la eficiencia del riego.
<b>CROPSYST</b>	Se emplean modelos matemáticos y de simulación para predecir las necesidades de riego del cultivo en función de variables climáticas y del suelo (Meléndez, 2020).	Se ha estudiado su aplicación en cultivos de ciclo largo en el Valle Carrizal para optimizar la programación del riego y los recursos hídricos.

Nota: Elaborado por los Autores.

La programación basada en calendario establece un horario fijo para los riegos, independientemente de las condiciones del suelo y la planta (Oz et al., 2020). Es útil en cultivos de temporada con condiciones climáticas estables en el Valle Carrizal. La programación basada en la demanda ajusta el riego según la demanda real de agua de la planta y las condiciones del suelo (Fereres y Goldhamer, 2020). Es una técnica emergente en cultivos de alta tecnología del Valle Carrizal para mejorar la eficiencia del riego. La programación basada en modelos de simulación emplea modelos matemáticos para prever las necesidades de riego en función de variables climáticas y del suelo (Meléndez, 2020).

## 2.6. RIEGO DEFICITARIO

El riego deficitario emerge como una estrategia fundamental en la gestión del agua agrícola, destacando su papel crucial ante los desafíos de la degradación del suelo y la escasez hídrica (FAO, 2019). La aplicación controlada de agua, inferior a la requerida por el cultivo, busca equilibrar la disponibilidad de agua con las necesidades hídricas de las plantas, maximizando la eficiencia y minimizando impactos negativos en la producción. El riego deficitario se fundamenta en una profunda comprensión de la fisiología del cultivo frente al déficit hídrico (Farré, 2020).

La aplicación eficaz implica considerar las diversas etapas fenológicas del cultivo y sus necesidades específicas de agua. Coeficientes como el  $K_c$  (Coeficiente del Cultivo) y el  $K_y$  (Coeficiente de Sensibilidad del Cultivo) son esenciales para ajustar la cantidad de agua según la evapotranspiración de referencia (ETO) y la respuesta de la planta a la deficiencia de agua (Rodríguez G. et al., 2020).

La eficiencia en el uso del agua destaca como uno de los principales beneficios del riego deficitario, optimizando la productividad agrícola y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema de riego (Faci y Farré, 2021). No obstante, su

implementación precisa requiere monitoreo constante y planificación cuidadosa para evitar situaciones de estrés hídrico excesivo que puedan afectar el rendimiento del cultivo.

Para una implementación exitosa, es imperativo contar con tecnologías de monitoreo de la humedad del suelo y sistemas de riego eficientes, adaptando la cantidad de agua según las necesidades del cultivo en cada etapa (FAO, 2019).

### 2.6.1. Tipos de Riego Deficitario

La implementación de estrategias de riego deficitario ha emergido como una solución ingeniosa en la gestión hídrica agrícola, ofreciendo un enfoque más eficiente y sostenible para enfrentar desafíos de escasez de agua en diversas regiones agrícolas. En este contexto, la Tabla 4 presenta un compendio de los diferentes tipos de riego deficitario y sus aplicaciones específicas, delineando cómo cada enfoque se adapta a las necesidades y características de los cultivos. A medida que la demanda de alimentos crece y la disponibilidad de agua disminuye, comprender y aplicar estas estrategias adquiere un valor crucial para lograr un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación del agua.

**Tabla 4. Tipos de Riego Deficitario**

Tipo de Programación de Riego	Descripción	Aplicación
<b>Riego Deficitario</b>	Se reduce la cantidad de agua aplicada al cultivo por debajo del requerimiento hídrico, con una mayor frecuencia de riego para evitar situaciones de estrés trascendentales (González et al., 2021).	Ampliamente utilizado en cultivos de maíz y hortalizas en el Valle Carrizal debido a la escasez de agua en la región.
<b>Riego Deficitario Controlado</b>	Se aplica un estrés hídrico moderado en cualquier fase de crecimiento de la planta, lo que genera cambios positivos en la calidad del fruto. Requiere de una optimización agrícola y conocimiento preciso de la reacción del cultivo ante dicho estrés (Farré, 2020).	Aplicado en algunos cultivos de alto valor en el Valle Carrizal para mejorar la calidad de la producción.
<b>Riego Deficitario Controlado y Optimizado por Etapas</b>	Se establecen diferentes etapas de déficit hídrico durante el ciclo de crecimiento del cultivo, con el objetivo de optimizar la producción y calidad del cultivo. Es necesario contar con un monitoreo constante y ajustar el riego según las etapas fenológicas (Alarcón et al., 2019).	Utilizado en cultivos de ciclo largo en el Valle Carrizal para optimizar el uso del agua y mejorar los rendimientos.
<b>Secado Parcial de Raíces</b>	Se somete a una parte del sistema radicular del cultivo a un déficit hídrico, mientras que la otra parte se riega normalmente. Esto induce una respuesta fisiológica que mejora la eficiencia del uso del agua y la resistencia del cultivo al estrés hídrico (C. Mendoza et al., 2020).	Se ha estudiado su aplicación en algunos cultivos específicos del Valle Carrizal para mejorar la eficiencia del riego.

Nota: Elaborado por los Autores.

## 2.7. RIEGO SIN DÉFICIT

Riego sin déficit se refiere a un método de riego en el que se suministra agua a las plantas de manera que satisfaga completamente sus necesidades hídricas. En otras



palabras, no hay escasez de agua durante el proceso de riego. Este enfoque busca proporcionar la cantidad adecuada de agua para mantener el crecimiento saludable de las plantas sin exceso ni insuficiencia (Rovegno, 2019).

El riego sin déficit implica monitorear cuidadosamente las necesidades hídricas de las plantas, teniendo en cuenta factores como el tipo de planta, las condiciones climáticas y el tipo de suelo. Al hacerlo, se busca optimizar el uso del agua y evitar desperdicios, ya que el exceso de riego puede tener efectos negativos, como el encharcamiento del suelo o problemas de raíces (Vita, 2022).

Este enfoque se utiliza comúnmente en la agricultura y la jardinería para asegurar un suministro constante y adecuado de agua para las plantas, contribuyendo así a un crecimiento saludable y una producción óptima.

## **2.8. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAÍZ**

Las etapas fenológicas del maíz, también denominadas fases de desarrollo desempeñan un papel crucial en el estudio y manejo de este cultivo fundamental. Representando momentos clave desde la germinación hasta la cosecha, estas etapas, según Giménez (2021), son esenciales para comprender el crecimiento, la morfología y los requerimientos de la planta. El ciclo de desarrollo del maíz abarca aproximadamente 125 días y comprende cuatro fases fenológicas distintivas. La comprensión detallada de cada fase es esencial para implementar estrategias de manejo efectivas, permitiendo la toma de decisiones informadas en aspectos como el riego, la fertilización y la protección de cultivos:

### **2.8.1. Germinación**

La germinación, proceso inicial del maíz, marca el comienzo del crecimiento de la plántula a partir de la semilla. Este proceso involucra la absorción de agua, desencadenando procesos metabólicos internos que llevan a la ruptura de la cubierta de la semilla y la emisión de las primeras estructuras de crecimiento: la radícula y el coleóptilo. Durante este proceso, la semilla reactiva su metabolismo, produciendo enzimas que descomponen las reservas almacenadas, proporcionando la energía necesaria para el crecimiento inicial.

La importancia de la germinación radica en su papel como punto de partida en el ciclo de vida del maíz. A través de este proceso, la semilla se transforma en una plántula capaz de extraer agua y nutrientes del suelo, garantizando la conexión adecuada al

suelo, estableciendo sus raíces y dando inicio a su búsqueda de recursos esenciales para el crecimiento. La germinación adecuada asegura un stand uniforme en el campo y un inicio saludable para el cultivo.

La etapa de germinación se divide en fases cruciales que abarcan desde la absorción de agua hasta la activación del metabolismo de la plántula. La duración de esta etapa varía según factores ambientales, siendo esencial para un rendimiento óptimo del cultivo. En condiciones óptimas, la germinación puede completarse en 3 a 7 días después de la siembra, destacando la importancia de una germinación rápida y uniforme para un desarrollo saludable y un rendimiento exitoso del maíz.

### **2.8.2. Emergencia**

La etapa de emergencia del maíz, esencial en su ciclo de vida, marca la transición de la plántula desde el suelo al entorno aéreo. Este proceso, que comprende la ruptura de la superficie del suelo y el desarrollo inicial de hojas y tallo, establece la conexión necesaria con la atmósfera para llevar a cabo la fotosíntesis y absorber nutrientes vitales. La fase de ruptura de la superficie del suelo, de 1 a 2 días, implica un vigoroso empuje hacia arriba de la plántula. Posteriormente, durante 5 a 7 días, se produce el desarrollo de las primeras hojas y el tallo, cruciales para la fotosíntesis y la producción de alimento a partir de la luz solar.

La importancia de una emergencia eficiente y uniforme radica en su impacto en el crecimiento y éxito futuro del maíz. Estudios, como el de Pandey et al. (2018), destacan que una emergencia rápida y uniforme contribuye significativamente al rendimiento del cultivo, permitiendo a las plántulas competir eficazmente por luz, agua y nutrientes, resultando en un cultivo vigoroso y productivo. La eficacia en esta etapa sienta las bases para el establecimiento saludable de las plántulas en el campo.

### **2.8.3. Desarrollo Vegetativo**

La etapa de Desarrollo Vegetativo en el ciclo de crecimiento del maíz es crucial, centrando sus esfuerzos en la formación y acumulación de estructuras vitales para el desarrollo y rendimiento posterior. Esta etapa se divide en subetapas distintas:

- **Formación de hojas verdaderas (V1 a Vn):** En esta fase inicial, la planta genera hojas verdaderas, fundamentales para la fotosíntesis y el crecimiento continuo. Su duración, aproximadamente de 10 a 15 días, puede variar según la variedad y condiciones ambientales.

- Establecimiento de hojas, tallos y raíces (Vn a V10): Durante esta fase, la planta refuerza su estructura al continuar desarrollando hojas, tallos y raíces. Acumula biomasa en preparación para sostener la mazorca, extendiéndose por unos 20 a 30 días, dependiendo de las condiciones de cultivo.
- Continuación del desarrollo de hojas y tallos (V10 a Vn): En la última subetapa del Desarrollo Vegetativo, la planta persiste en la producción de hojas y tallos, fortaleciendo su estructura antes de ingresar a la siguiente fase fenológica. Esta etapa, de unos 20 a 25 días, es variable según el ambiente y la variedad.

El Desarrollo Vegetativo es fundamental para el rendimiento del cultivo de maíz. La acumulación de biomasa y la formación de una estructura sólida son esenciales para mantener la producción de la mazorca y la fotosíntesis, contribuyendo a un crecimiento saludable. Estudios, como el de Navarrete y Palacios (2019), destacan su importancia para el establecimiento del rendimiento, ya que un buen desarrollo vegetativo se traduce en una mayor capacidad fotosintética y una producción más abundante de granos de maíz.

#### **2.8.4. Formación de la Espiga**

La etapa de Formación de la Espiga en el ciclo de crecimiento del maíz es esencial para el proceso reproductivo y, por ende, para la producción de mazorcas. Se compone de varias fases clave:

- Iniciación de la espiga: En esta fase inicial, las células del meristemo apical se diferencian, estableciendo el número de hileras y la disposición de las flores en la espiga. Su duración, aproximadamente de 10 a 15 días, puede variar según la variedad y las condiciones de cultivo (Kette et al., 2021).
- Diferenciación de la espiga: Aquí, las estructuras reproductivas, como flores y brácteas, se desarrollan y diferencian en la espiga en crecimiento. Las flores toman forma en posiciones específicas durante unos 10 a 20 días.
- Emergencia de la espiga: En esta fase, la espiga emerge de la vaina protectora formada por las hojas superiores, volviéndose visible y extendiéndose hacia la luz solar durante aproximadamente 5 a 10 días (Deras 2020).

La salud y el desarrollo adecuado de la espiga son críticos para la producción de mazorcas y, por ende, para el rendimiento del cultivo. Investigaciones como la de Sadeghpour et al. (2018) subrayan la importancia de una espiga bien formada y

emergente para la polinización exitosa y la posterior formación de granos en la mazorca.

### 2.8.5. Floración

La etapa de floración del maíz es crucial, marcando el inicio del proceso reproductivo. Se compone de tres fases principales:

**Tabla 5. Tipos de maíz cultivados en Manabí**

La etapa de floración del maíz	
Desarrollo de Flores Masculinas (Estambres)	Durante 4 a 6 días, se forman las flores masculinas en la parte superior de la espiga, produciendo polen esencial para la polinización
Desarrollo de Flores Femeninas (Estigmas)	Con una duración de 4 a 8 días, las flores femeninas emergen en la parte inferior de la espiga, siendo receptivas al polen y esenciales para la fertilización.
Polinización y Fertilización	Con una duración variable de 7 a 10 días, el polen se transporta a los estigmas, asegurando la fertilización exitosa y la formación de granos en la mazorca

Fuente: Andrade et al., (2023).

La polinización exitosa durante la floración establece las bases para granos bien desarrollados. Investigaciones, como el estudio de Villarreal (2018), indican que una mayor polinización exitosa se relaciona con un rendimiento más alto del cultivo, destacando su importancia crítica en la producción de maíz.

### 2.8.6. Fertilización

La etapa de fertilización es crucial para el maíz, marcando el proceso de fecundación de los óvulos en las flores femeninas y la subsiguiente formación de granos en la mazorca. Esta etapa se divide en dos fases principales:

**Tabla 6. La etapa de fertilización del maíz**

Transferencia de Polen	El polen producido en las flores masculinas se transporta a los estigmas de las flores femeninas, facilitado por el viento o insectos como las abejas. Esta fase, crucial para la polinización exitosa, generalmente dura de 1 a 3 días.
Fecundación de los Óvulos	Tras la llegada del polen a los estigmas, se produce la fecundación de los óvulos. Un tubo polínico permite la fusión de los núcleos masculinos y femeninos, formando un cigoto que se desarrolla en un grano de maíz. Esta fase, esencial para la formación de granos, suele durar de 1 a 2 días

Fuente: Briceño et al., (2022).

La importancia de esta etapa radica en su papel clave para garantizar la formación de granos en la mazorca, impactando directamente en el rendimiento del cultivo. Investigaciones, como la de Pandey et al. (2018), enfatizan que la fertilización exitosa es crucial para lograr un alto índice de llenado de granos y, por ende, obtener un rendimiento óptimo en el cultivo de maíz.

### **2.8.7. Desarrollo del Grano**

El Desarrollo del Grano en el ciclo de crecimiento del maíz comprende varias fases cruciales:

- **Inicio del llenado del grano:** Comienza aproximadamente 10 a 15 días después de la fertilización, marcando el inicio del rápido crecimiento de los granos. Dura de 7 a 14 días, durante los cuales se acumulan almidón y nutrientes esenciales (Pioneer, 2015).
- **Relleno de grano:** Sigue al inicio del llenado y puede extenderse por 20 a 25 días. Durante esta fase, los granos experimentan un rápido aumento en tamaño y peso, acumulando almidón y otros nutrientes que influyen en la calidad nutricional y el rendimiento final del cultivo.
- **Madurez fisiológica:** Ocurre alrededor de 45 a 55 días después del inicio del llenado del grano. Los granos alcanzan su tamaño y peso finales, y su contenido de almidón llega a su máximo. Es un hito importante que señala la finalización del crecimiento y desarrollo de los granos (Yáñez et al., 2013).
- **Madurez de cosecha:** La última fase, aproximadamente 60 a 70 días después del inicio del llenado del grano. Los granos han perdido la mayor parte de su humedad, su contenido de almidón y nutrientes está en su punto máximo, siendo el momento óptimo para la cosecha y almacenamiento del maíz.

El Desarrollo del Grano es crucial para determinar el tamaño, peso y calidad de los granos en la mazorca. La eficiencia en la acumulación de almidón y nutrientes durante estas fases impacta directamente en el rendimiento del cultivo y la calidad del grano. Una gestión adecuada de la irrigación y la nutrición en estas etapas puede tener un impacto significativo en la formación y productividad de los granos de maíz (Álvarez et al., 2022).

### **2.8.8. Senescencia y Secado**

La etapa de Senescencia y Secado marca el cierre del ciclo de crecimiento del maíz, presentando cambios esenciales en la planta para prepararse para la cosecha. Compuesta por varias fases clave:

- Inicio de la senescencia: Después de la madurez de cosecha, la planta inicia la senescencia, una fase de 10 a 15 días caracterizada por el marchitamiento de las hojas y la pérdida de vitalidad. Las hojas cambian de color a amarillo y luego a marrón, mientras los nutrientes se redirigen hacia los granos (Villacís, 2021).
- Secado de la planta: Continuando con la senescencia, la planta se seca gradualmente durante 15 a 20 días. Este proceso es crucial para reducir la humedad en la planta y los granos, favoreciendo el almacenamiento y la calidad del grano postcosecha. Los tejidos vegetales se vuelven rígidos y quebradizos (Pioneer,2015).
- Redirección de nutrientes: A medida que la planta se seca, los nutrientes previamente presentes en los tejidos vegetales se redirigen hacia los granos en desarrollo. Esta redistribución es vital para mejorar la calidad y el contenido nutricional de los granos, acumulando nutrientes esenciales como almidón y proteínas.

La etapa es fundamental para asegurar una cosecha exitosa y granos de alta calidad. Estudios subrayan la importancia de una senescencia adecuada en el llenado final de granos y la acumulación de nutrientes, así como la necesidad de un secado efectivo para prevenir enfermedades en los granos almacenados (Rodríguez et al., 2020). El manejo adecuado de esta fase influye significativamente en la calidad nutricional y el rendimiento del cultivo de maíz.

### **2.8.9. Cosecha**

La fase de Cosecha marca el fin del ciclo de crecimiento del maíz y es crucial en la producción. Compuesta por distintas fases:

- Preparación para la cosecha: Antes de la cosecha, se realizan preparativos esenciales, como revisar maquinaria, organizar equipos y planificar la logística para garantizar una recolección eficiente (Ron, 2022).

- Cosecha: Durante esta fase, los agricultores recolectan los granos maduros de las mazorcas. La cosecha puede ser manual o mecanizada, pero la clave es recolectar en el punto óptimo de madurez para asegurar calidad y rendimiento.
- Almacenamiento: Tras la cosecha, los granos deben almacenarse adecuadamente para evitar pérdidas por deterioro. El almacenamiento incorrecto puede propiciar la proliferación de hongos y plagas, afectando la calidad y seguridad de los granos. Es crucial secar y almacenar los granos en condiciones óptimas de humedad y temperatura (Villacís, 2021).

La importancia de esta etapa radica en ser el punto final del ciclo, donde se concretan los esfuerzos de los agricultores. Estudios subrayan que una cosecha en el momento óptimo impacta directamente en el rendimiento y la calidad de los granos, maximizando la producción y asegurando alimentos y forraje de alta calidad (Agama et al., 2021).

#### **2.8.10. Postcosecha**

La fase de Postcosecha es crítica en el ciclo de producción del maíz, ocurriendo después de la cosecha y comprendiendo varias fases clave:

- Secado: Tras la cosecha, los granos de maíz, que contienen cierto nivel de humedad, se exponen al aire para reducir la humedad y evitar el crecimiento de hongos y plagas. La duración del secado varía, pero generalmente toma entre 1 y 7 días (Villacís, 2021).
- Limpieza: Los granos cosechados pueden contener impurezas y materiales indeseados. La limpieza implica la separación de estas impurezas mediante cribas, tamices y ventiladores para garantizar la calidad y pureza de los granos.
- Almacenamiento: Una vez secos y limpios, los granos deben almacenarse adecuadamente en lugares secos y frescos para mantener su calidad y prevenir pérdidas. Es crucial evitar plagas y mantener una rotación de existencias adecuada.

La importancia de esta etapa radica en asegurar la calidad, seguridad y valor nutritivo de los granos recolectados. Estudios subrayan que un manejo adecuado en la postcosecha previene pérdidas económicas y mantiene los granos en condiciones óptimas para su uso, contribuyendo a la calidad nutricional para consumo humano y alimentación animal (Gil et al., 2021).

## CAPÍTULO III: DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

El presente estudio se desarrolló bajo un entorno no experimental, centrando el trabajo en revisión bibliográfica. Pese a esto, es importante mencionar que la revisión bibliográfica se centró en trabajos realizados en el valle del Carrizal Chone, por lo que este trabajo aporta un resumen del efecto del manejo agronómico del riego sobre el desarrollo agro productivo del cultivo de maíz bajo las condiciones climáticas y área de influencia del valle del Carrizal – Chone.

#### 3.1.1. Características climáticas

Dado que la revisión bibliográfica se realizó en trabajos ejecutados bajo las condiciones climáticas del valle del Carrizal – Chone, se presenta a continuación los promedios de las condiciones climáticas durante el período comprendido entre 2011 y 2021. Estos datos se derivan del registro histórico de la Estación Meteorológica de la ESPAM-MFL.

**Tabla 7. Condiciones climáticas del sitio "El Limón" serie histórica 2011-2021**

Mes	Condiciones Climáticas					
	Precipitación	Heliofanía	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Humedad Relativa	Velocidad del Viento
	mm	h	°C	°C	%	$\frac{m}{s}$
Enero	229	56,93	30,42	22,26	83,63	0,44
Febrero	304	80,77	30,42	22,26	83,71	0,49
Marzo	238	121,84	30,43	22,26	83,85	0,49
Abril	118	116,41	30,38	22,25	83,98	0,44
Mayo	77	102,99	30,35	22,24	84,12	0,45
Junio	29	80,51	30,38	22,23	84,26	0,49
Julio	10	74,59	30,40	22,22	84,41	0,54
Agosto	2	97,81	30,40	22,23	84,54	0,61
Septiembre	2	97,44	30,37	22,24	84,70	0,67
Octubre	6	83,83	30,40	22,25	84,76	0,64
Noviembre	2	90,59	30,44	22,26	84,84	0,63
Diciembre	41	77,87	30,45	22,27	84,90	0,57
Media		90	30	22	84	0,54
$\Sigma$ Anual	1058	1082				

**Nota:** Fuente: Estación meteorológica de la ESPAM- "MFL". Elaborado por los autores (2023)

### 3.2. DURACIÓN

La investigación se llevó a cabo durante un período de seis meses, desde mayo hasta octubre de 2023.



### 3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

#### 3.3.1. Revisión bibliográfica

Las revisiones bibliográficas desempeñaron un papel fundamental en esta investigación, siendo una herramienta clave para identificar tendencias y áreas emergentes de estudio. Se obtuvieron artículos de plataformas compilatorias de revistas científicas digitales como Scopus y Google Scholar, mientras que otras fuentes bibliográficas fueron extraídas de repositorios académicos.

Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de palabras clave como "manejo agronómico del riego", "cultivo de maíz", "efecto del riego en el rendimiento" y otros relacionados. Se establecieron criterios de inclusión, limitando la selección a estudios publicados en los últimos cinco años y escritos en español e inglés.

**Tabla 8. Revisiones sistemáticas**

Autor	Año	Título del artículo/libro	Finalidad
España Barre, César Alberto; García Zambrano, Valeria Andreina	2022	Metodologías de riego deficitario sobre el comportamiento agro productivo de maíz en el cantón Bolívar, Manabí	Se realizó una evaluación de diversas metodologías de riego deficitario para determinar su impacto en la respuesta agro productiva del cultivo de maíz en el Cantón Bolívar, Manabí. Las metodologías evaluadas incluyeron el riego deficitario optimizado por etapas (ORDI) y el secado parcial de raíces (PRD).
Moreira Solórzano, Hedy Jairo; Rivas Macías, Kevin Leonel	2022	Respuesta fisiológica del cultivo de maíz (Zea mays) bajo estrategias de riego deficitario	Se llevó a cabo un estudio para analizar la respuesta fisiológica del cultivo de maíz (Zea mays) ante diferentes estrategias de riego deficitario. Se examinaron tres métodos: el método ORDI (riego por déficit regulado optimizado), la PRD (secado parcial de raíces) y una combinación de ORDI y PRD.
Cevallos Morales, Teresa Nikole; Marsillo Salvatierra, Lilibeth Ramona	2022	Efecto de métodos de riego deficitario sobre el comportamiento fisiológico del cultivo de maíz (Zea mays) bajo condiciones climáticas de Manabí	Se realizó una evaluación del comportamiento fisiológico del cultivo de maíz híbrido DASS 3383 bajo tres métodos de riego deficitario.
Salto Briones, Verlis Josue; Solórzano Solórzano, Jonathan Alexander	2021	Respuesta agronómica del cultivo de maíz (Zea mays) bajo estrategias de riego deficitario	Se llevó a cabo un estudio para evaluar la respuesta agro productiva del cultivo de maíz frente a diversas estrategias de riego. Se compararon cinco escenarios de riego, uno sin déficit hídrico y cinco con diferentes niveles de déficit hídrico.

Elaborado por los autores (2023)

Esta tabla permite organizar las diferentes tesis encontradas en la revisión bibliográfica, identificando a los autores, el título de sus trabajos que defienden en sus investigaciones.

En el contexto de esta tesis, la revisión bibliográfica fue esencial para obtener una visión integral de las investigaciones previas sobre el impacto del manejo agronómico

del riego en el desarrollo agro productivo del cultivo de maíz en el Valle Carrizal – Chone. Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica, abarcando artículos, informes técnicos y estudios pertinentes, con el objetivo de recopilar información teórica y antecedentes relacionados con los manejos agronómicos de riego en el cultivo de maíz y su influencia en el comportamiento agro productivo.

Este análisis permitió identificar enfoques utilizados, resultados obtenidos en la literatura científica. Además, proporcionó los fundamentos necesarios para consolidar el corpus teórico de la investigación y facilitó la difusión y aplicación de los conocimientos adquiridos. La revisión bibliográfica, respaldada por datos de diversas fuentes, ha sido crucial para avanzar en la comprensión del tema y contribuir al avance de la disciplina.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión bibliográfica, empleando un enfoque cuantitativo y cualitativo. La recolección de datos se centró en la revisión de literatura especializada y la recopilación de información proveniente de instituciones reguladoras y otras fuentes documentales pertinentes. Esta estrategia permitió obtener un conocimiento detallado de las condiciones agronómicas y climáticas del Valle Carrizal - Chone, así como de las prácticas de manejo agronómico del riego en el cultivo de maíz en dicha región.

Luego de recopilar los datos, se procedió a realizar una descripción detallada del entorno agronómico en relación con el manejo del riego en el cultivo de maíz. Posteriormente, se analizaron los resultados internos obtenidos de la revisión bibliográfica, evaluando aspectos clave como el rendimiento del cultivo, el uso eficiente del agua, las prácticas de riego empleadas y otros factores relevantes.

Finalmente, se desarrollaron conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos de la revisión bibliográfica. Estas conclusiones y recomendaciones ofrecen una base sólida para reflexionar sobre el manejo agronómico del riego en el cultivo de maíz en el Valle Carrizal - Chone, buscando posibles mejoras y optimizaciones para el desarrollo agro productivo sostenible en la región.

### **3.5. VARIABLE DE ESTUDIO**

Descripción cuantitativa y cualitativa tras la revisión bibliográfica sobre el manejo agronómico del riego sobre el desarrollo agro productivo del maíz.

### **3.6. ANÁLISIS DE DATOS**

En el marco metodológico de esta investigación, se llevó a cabo una búsqueda de información bibliográfica relacionando el efecto agro productivo del cultivo de maíz bajo diferentes manejos agronómicos del riego.

En primer lugar, se realizó un análisis bibliográfico para identificar tendencias y áreas de estudio previas relacionadas con el manejo agronómico del riego y el desarrollo agro productivo del maíz en el Valle del Río Carrizal. Esta revisión crítica de la literatura proporcionó un marco teórico sólido y permitió contextualizar la investigación en el panorama existente.

En este proceso, se llevaron a cabo análisis descriptivos para obtener medidas resumidas de las variables climáticas y los manejos agronómicos de riego, proporcionando una visión general de la distribución y variabilidad de los datos. Los datos que fueron analizados fueron los siguientes:

- Altura de planta:

El análisis descriptivo de la variable "altura de planta de maíz" proporciona una visión general de la distribución y las características principales de esta medida en un conjunto de datos. Esta variable consistió en describir la altura de la planta expresada en cm.

- Diámetro de mazorca (mm):

El análisis descriptivo de la variable "Diámetro de mazorca" en plantas de maíz proporciona una visión las características de esta medida. Esta variable consistió en describir el diámetro de la mazorca de maíz expresada en mm.

- Longitud de mazorca (cm):

Para realizar un análisis descriptivo de la variable "Longitud de mazorca" en plantas de maíz, se recopiló información descriptiva y características centrales de esta variable. Esta variable consistió en describir la longitud de la mazorca de maíz expresada en cm.

- Número de hileras:

Al realizar este análisis descriptivo, se obtendrá una comprensión más completa del número de hileras de mazorca en las plantas de maíz, lo que permitirá caracterizar la variabilidad y la tendencia central de esta variable en el contexto del estudio. Esta variable consistió en describir el número de hileras maíz expresada en mm.

- Número de granos por hilera

Para realizar un análisis descriptivo de la variable número de granos por hilera de plantas de maíz, se recopiló información descriptiva y características centrales de esta variable. Esta variable consistió en describir la longitud de la mazorca de maíz expresada en granos.

- Rendimiento  $\text{Mg ha}^{-1}$

El rendimiento de maíz por hectárea ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) es una variable esencial en la evaluación de la productividad de los cultivos de maíz. Este indicador proporciona una medida cuantitativa del volumen de maíz producido en una unidad de superficie específica, la hectárea. Para realizar un análisis descriptivo de la variable, se recopiló información descriptiva y características centrales de esta variable.

- Productividad del Agua  $\text{kg mm}^{-1}$

El análisis descriptivo de la variable "Productividad del Agua  $\text{Kg mm}^{-1}$ " proporcionará información valiosa sobre la eficiencia en el uso del agua en la producción de maíz, permitiendo a los investigadores y tomadores de decisiones comprender mejor la distribución, tendencias y variabilidad de esta variable clave. Se ha recopilado información detallada sobre la variable en cuestión con el objetivo de realizar un análisis descriptivo.

- Agua de Riego  $\text{m}^3$

El análisis descriptivo de la variable "Agua de Riego ( $\text{m}^3/\text{planta}$ ) de maíz" proporciona una visión detallada de la distribución y las características fundamentales de esta variable en el contexto del cultivo de maíz. Para realizar un análisis descriptivo de la variable, se recopiló información descriptiva y características centrales de esta variable

- Margen Bruto en  $\text{\$ ha}^{-1}$

Un análisis descriptivo de la variable "Margen Bruto en \$/Ha" en la planta de maíz, se obtendrá una visión más completa de la variabilidad y la tendencia central de los datos, lo que facilitará la toma de decisiones informadas en el contexto de la gestión agrícola. Este análisis descriptivo permitirá obtener una perspectiva clara y completa de la naturaleza de la variable.

- Productividad en  $\$/m^3$

Este análisis descriptivo proporcionará una comprensión integral de la variable "Productividad en  $\$/m^3$ " en la planta de maíz, permitiendo identificar tendencias, dispersión y posibles anomalías en los datos. Además, facilitará la toma de decisiones informadas sobre la eficiencia y rentabilidad de la producción en la planta.

- Sostenibilidad y rentabilidad

Para evaluar la rentabilidad del agua en el maíz, se calculan los costos totales de extracción, distribución y aplicación del agua, y se comparan con los ingresos generados por la venta de la cosecha. Si los ingresos superan los costos, el uso del agua se considera rentable, pero debe garantizarse que sea sostenible a largo plazo.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. EFECTO DEL MANEJO AGRONÓMICO DE RIEGO SOBRE LA AGRO PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL VALLE CARRIZAL CHONE.

Se expone el comportamiento individual de los factores en estudio sobre las variables productivas evaluadas en el año 2020 y 2021 (Tabla 9): Altura de planta (cm), Diámetro de mazorca (mm), Longitud de mazorca (cm), Número de hileras, Número de granos por hilera, Agua de Riego m<sup>3</sup>, Rendimiento Mg ha<sup>-1</sup>, productividad del Agua kg mm<sup>-1</sup>. El análisis de varianza mostró un efecto significativo de los factores evaluados con respecto a las variables productivas analizadas.

**Tabla 9. Efecto del manejo agronómico de riego sobre la agro productividad del cultivo del maíz, en función del tratamiento.**

Variables en estudio	Riego no Deficitario	2020			Riego no Deficitario	2021			Media de ORDI 70%	Media de ORDI 50%
		Riego Deficitario				Riego Deficitario				
		Pasada una semana				Pasada una semana				
ORDI 70%	ORDI + PRD 70%	PRD 70%	ORDI 50%	ORDI + PRD 50%	PRD 50%					
Altura de planta (cm)	242,1 NS	246,9 NS	241,2 NS	238,7 NS	240,6 NS	234,4 NS	233,1 NS	230 NS	242,3	232,5
Diámetro de mazorca (mm)	46,2 NS	45 NS	45 NS	43,8 NS	45,5 NS	44,4 NS	43,7 NS	43 NS	44,3	43,7
Longitud de mazorca (cm)	15,1 A	13,9 AB	13,4 B	12,7 B	14,9 A	13,8 AB	13,4 B	12,5 B	13,3	13,3
Numero de hileras	14,4 NS	14,3 NS	14,3 NS	14,2 NS	14,3 NS	14,2 NS	14,2 NS	14,2 NS	14,3	14,2
Numero de granos por hilera	32,7 A	28,5 AB	26,2 B	26,5 B	32,1 A	27 AB	25,4 B	25,5 B	27,1	26,0
Rendimiento Mg ha <sup>-1</sup>	12,09 A	11,74 AB	9,4 B	9,42 B	9,4 A	7,4 AB	6,9 B	6,9 B	10,2	7,0
Productividad del Agua kg mm <sup>-1</sup>	44,9 B	62,35 A	57,7 AB	59,8 AB	37,9 B	59,6 A	55,4 AB	55,38 AB	60,0	56,8

**Fuente: Cevallos y Marsillo (2022); Saltos y Solórzano (2021). Estas variables fueron evaluadas estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad.**

Los resultados (Tabla 09) muestran los resultados obtenidos durante los años 2020 y 2021, que fueron publicados mediante tesis los años 2021 y 2022 respectivamente, donde se describen las siguientes variables:

**Altura de planta (cm):** Para esta variable durante los dos años de estudio se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque si hubo diferencias numéricas. En el año 2020, el tratamiento ORDI fue el que alcanzó la mayor altura, seguido del tratamiento control no deficitario, mientras que para el año 2021 el

tratamiento control no deficitario fue el que alcanzó la mayor altura, seguido del tratamiento ORDI.

La media de los tratamientos deficitarios para los años 2020 y 2021 fue de 242,3 cm y 232,5 cm, que al compararlo con el tratamiento control no deficitario 242,1 cm y 240,5 cm respectivamente, para el año 2020 se asemeja el valor obtenido, mientras que para el año 2021 el tratamiento no deficitario logró un aumento del 3% frente a los tratamientos deficitarios de ese año.

Estos resultados pueden estar influenciados debido a un alto contenido de humedad en el suelo, que pese a aplicar estrategias de riego deficitario permite que el cultivo pueda alcanzar su altura potencial (60 días después de la siembra). Investigaciones como las de Martínez, (2015) han mostrado que la capacidad de retención de humedad del suelo puede mitigar los efectos del riego deficitario, proporcionando suficiente agua para mantener el crecimiento adecuado de las plantas durante periodos críticos.

**Diámetro de mazorca (mm):** Los resultados obtenidos indican que durante los dos años de estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos. No obstante, se observaron diferencias numéricas que resultan relevantes para comprender el comportamiento del cultivo bajo diferentes regímenes de riego. En ambos años, 2020 y 2021, el mejor desempeño se registró en el tratamiento de riego no deficitario en comparación con los demás tratamientos.

La media de los tratamientos deficitarios para los años 2020 y 2021 fue de 44,3 mm y 43,7 mm, respectivamente. Al comparar estos valores con los del tratamiento de control no deficitario, que fueron de 46,2 mm y 45,5 mm en los mismos años, se evidenció que el riego no deficitario experimentó un aumento del 4% en ambas temporadas en relación con los tratamientos deficitarios.

La falta de diferencias estadísticas podría deberse a una serie de factores, incluyendo la variabilidad inherente en las condiciones de campo y la capacidad de las plantas para adaptarse a diferentes niveles de disponibilidad de agua. Según Passioura (2006), las plantas de maíz pueden desarrollar mecanismos de adaptación bajo condiciones de riego deficitario, lo que podría explicar la similitud en la altura entre los tratamientos deficitarios y no deficitarios.

El estudio de Farooq et al. (2009) respalda la idea de que el manejo del riego deficitario puede ser una estrategia viable para ahorrar agua sin comprometer significativamente el crecimiento del cultivo. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con cautela, dado que otros estudios, como el de Kang et al. (2000), han demostrado que el riego deficitario puede llevar a una reducción en el crecimiento y rendimiento de los cultivos en condiciones menos favorables.

**Longitud de mazorca (cm):** La evaluación de la longitud de la mazorca en los años 2020 y 2021 mostró diferencias estadísticamente significativas. En ambos años, el tratamiento con riego no deficitario alcanzó la mayor longitud, seguido del tratamiento ORDI. La media de los tratamientos deficitarios para los años 2020 y 2021 fue de 13,3 cm en ambos años. Al compararla con el tratamiento control no deficitario, que registró 15,1 cm en 2020 y 14,9 cm en 2021, se observó que el riego no deficitario presentó un aumento del 11,1% en 2020 y un aumento del 13% en 2021, en comparación con los tratamientos deficitarios de esos años.

Este resultado es coherente con estudios previos que muestran que el estrés hídrico puede reducir significativamente el tamaño y rendimiento de las mazorcas de maíz (Daryanto et al., 2016). Los tratamientos deficitarios, al no proporcionar las condiciones óptimas necesarias para el crecimiento del maíz, resultan en una menor longitud de mazorca. Además, estos resultados apoyan la recomendación de seguir estrategias de manejo que minimicen el estrés hídrico y nutricional, como las sugeridas por Araus et al. (2012), para mejorar la productividad en diferentes condiciones ambientales.

**Número de hileras:** Los resultados obtenidos para el número de hileras de maíz durante los años 2020 y 2021 muestran que, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sí se observaron diferencias numéricas. En ambos años, el tratamiento riego no deficitario alcanzó el mayor número de hileras de maíz, seguido del tratamiento ORDI.

La media de los tratamientos deficitarios fue de 14,3 hileras en 2020 y 14,2 hileras en 2021. Al comparar estos valores con el tratamiento riego no deficitario, que tuvo una media de 14,4 hileras en 2020 y 14,3 hileras en 2021, se observa que en 2020 los valores son muy similares y en 2021 hay un ligero aumento del 1,1% a favor del control no deficitario respecto a los tratamientos deficitarios. Estos datos sugieren que,



aunque el riego deficitario puede reducir ligeramente la altura de las plantas, el impacto no es estadísticamente significativo.

La similitud en el número de las hileras entre los tratamientos deficitarios y no deficitarios indica que los productores pueden adoptar estrategias de riego deficitario sin afectar gravemente la morfología del maíz. Esto es especialmente relevante en regiones con escasez de agua, donde la eficiencia en el uso del recurso hídrico es crucial para la sostenibilidad agrícola.

Investigaciones como las de Li et al., (2020) han demostrado que el riego deficitario puede mantener niveles de producción y características morfológicas cercanas a los tratamientos no deficitarios en ciertos cultivos, incluyendo el maíz. Estos estudios respaldan los hallazgos de que el riego deficitario optimizado puede ser una estrategia viable para mantener la altura de las hileras de maíz sin una disminución significativa en la productividad.

**Número de granos por hilera:** Durante los dos años de estudio se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. En 2020 y 2021, el tratamiento riego no deficitario alcanzó el mayor número de granos por hilera, seguido del tratamiento ORDI. La media de los tratamientos deficitarios fue de 27,1 granos por hilera en 2020 y 26 granos por hilera en 2021. Al compararlo con el tratamiento riego no deficitario, que tuvo una media de 32,7 granos por hilera en 2020 y 32,1 granos por hilera en 2021, se observó un aumento del 20,8% en 2020 y del 24% en 2021. Esta diferencia destaca la importancia de un riego continuo y suficiente.

Estos hallazgos son coherentes con estudios previos que demuestran la importancia de la disponibilidad de agua durante las fases críticas del desarrollo del maíz, como la floración y el llenado de grano, para maximizar el rendimiento (Oweis et al., 2000). Los resultados sugieren que una gestión adecuada del riego puede tener un impacto significativo en el rendimiento del maíz. Un riego adecuado no solo contribuye a una mejor altura de las plantas, como se observó con el tratamiento control no deficitario, sino que también influye directamente en la formación y el llenado de los granos. Esto coincide con la investigación de Payero et al. (2006), que destaca la relación directa entre un riego eficiente y el aumento en el número y tamaño de los granos de maíz.

**Rendimiento Mg ha<sup>-1</sup>:** Los resultados de este estudio muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de maíz (Mg ha<sup>-1</sup>) entre los tratamientos

evaluados durante los años 2020 y 2021. En ambos años, el tratamiento con riego no deficitario obtuvo el mayor rendimiento, seguido del tratamiento ORDI.

En 2020, la media de los tratamientos deficitarios fue de 10,2 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento con riego no deficitario alcanzó 12,1 Mg ha<sup>-1</sup>, lo que representa un aumento del 18,7 %. En 2021, la media de los tratamientos deficitarios fue de 7,0 Mg ha<sup>-1</sup>, comparado con 9,4 Mg ha<sup>-1</sup> del tratamiento con riego no deficitario, lo que significa un incremento del 33 % en comparación con los tratamientos deficitarios de ese año.

Estos resultados coinciden con estudios previos que destacan la importancia de una adecuada gestión de los recursos para maximizar el rendimiento agrícola. Según Rouf Shah et al. (2018), un manejo adecuado de agua y nutrientes es crucial para lograr un alto rendimiento en cultivos de maíz, ya que estos factores influyen directamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Es importante notar que el rendimiento general disminuyó en 2021 en comparación con 2020 para todos los tratamientos. Esto podría atribuirse a variaciones en las condiciones ambientales entre los dos años, como diferencias en las precipitaciones, temperaturas y otros factores climáticos.

**Productividad del Agua kg mm<sup>-1</sup>:** Durante ambos años de estudio, se observó diferencias estadísticas donde el tratamiento ORDI demostró la mayor productividad del agua en comparación con los tratamientos PRD y el riego no deficitario. Este hallazgo coincide con la investigación de López et al. (2019), quienes destacaron la eficacia del riego ORDI en la optimización del uso del agua en cultivos de maíz.

La media de los tratamientos deficitarios para los años 2020 y 2021 fue de 60 kg mm<sup>-1</sup> y 56,8 kg mm<sup>-1</sup>, respectivamente. Al compararlos con el tratamiento control no deficitario, que tuvo medias de 44,9 kg mm<sup>-1</sup> y 37,9 kg mm<sup>-1</sup> para los mismos años, se observó que el riego ORDI tuvo aumento en la productividad del agua del 25% en 2020 y del 33% en 2021 en frente a los demás tratamientos de esos años.

Los resultados indican que los tratamientos de riego deficitario, especialmente ORDI, son más eficientes en términos de productividad del agua. Aunque el riego deficitario puede inducir cierto estrés hídrico, su impacto en el rendimiento y la calidad del maíz puede ser manejable. Chai et al. (2016) encontraron que el estrés hídrico controlado

en etapas específicas del crecimiento del maíz puede aumentar la eficiencia del uso del agua sin afectar gravemente los rendimientos.

## 4.2. EFECTO ECONÓMICO EN FUNCIÓN DE LOS DIFERENTES MANEJOS AGRONÓMICOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ

En la tabla 10 se expone el comportamiento individual de los factores en estudio sobre las variables económica evaluada en el año 2020 y 2021: Agua de Riego  $m^3$ , Margen bruto en  $\$ ha^{-1}$ , Productividad en  $\$ m^{-3}$ . El análisis de varianza mostró un efecto significativo de los factores evaluados con respecto a las variables económica analizadas.

**Tabla 10. Efecto económico en función de los diferentes manejos agronómicos de riego**

Variables en estudio	2020				2021				Media de PRD 70%	Media de ORDI 50%
	Riego no deficitario	Riego deficitario			Riego no deficitario	Riego deficitario				
		Pasada una semana				Pasada una semana				
		ORDI 70%	ORDI + PRD 70%	PRD 70%		ORDI 50%	ORDI + PRD 50%	PRD 50%		
Agua de Riego $m^3$	225,0 A	157,5 B	157,5 B	157,5 B	248,0 A	124,0 B	124,0 B	124,0 B	157,5	124,0
Margen bruto en $\$ ha^{-1}$	3097,8 A	2702,1 AB	1801,2 B	1808,9 B	1729,2 A	1052,2 AB	852,0 B	852,0 B	2104,1	918,7
Productividad en $\$ m^{-3}$	13,8 A	12,0 AB	8,0 B	8,0 B	7,0 A	4,2 AB	3,4 B	3,4 B	9,4	3,7

**Fuente: Cevallos y Marsillo (2022); Saltos y Solórzano (2021). Estas variables fueron evaluadas estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad**

Los resultados (Tabla 10) muestran los resultados obtenidos durante los años 2020 y 2021, donde se describen las siguientes variables:

**Agua de Riego  $m^3$ :** Los resultados de este estudio muestran diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados durante los años 2020 y 2021. En ambos años, el tratamiento control no deficitario registró el mayor consumo de agua de riego ( $m^3$ ). Las medias de los tratamientos deficitarios fueron de 157,5  $m^3$  en 2020 y 124  $m^3$  en 2021. Al comparar estos valores con el tratamiento control no deficitario, que tuvo un consumo de 225  $m^3$  en 2020 y 248  $m^3$  en 2021, se observa un aumento del 42,9% en el riego no deficitario en 2020, y casi un 100% en 2021 en comparación con los tratamientos deficitarios de esos años.

El aumento del consumo de agua en los tratamientos no deficitarios podría también reflejar una respuesta del cultivo a la disponibilidad de agua, lo que coincide con los hallazgos de estudios como el de Geerts y Raes (2009), quienes indican que la

disponibilidad de agua afecta directamente la biomasa y la productividad de los cultivos. En contextos donde el agua no es un factor limitante, los cultivos pueden alcanzar su máximo potencial de crecimiento, pero esto debe equilibrarse con la sostenibilidad a largo plazo del recurso hídrico.

**Margen bruto (\$ ha<sup>-1</sup>):** Los resultados obtenidos en este estudio revelan diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento económico entre los tratamientos evaluados durante los años 2020 y 2021. Específicamente, se observó que el tratamiento control no deficitario tuvo un margen bruto \$/Ha más alto en comparación con los tratamientos deficitarios en ambos años.

En el año 2020, la media del margen bruto para los tratamientos deficitarios fue de 2104,1 \$ ha<sup>-1</sup>, mientras que para el tratamiento control no deficitario fue de 3097,8 \$ ha<sup>-1</sup>, representando un aumento del 47,2 % a favor del tratamiento no deficitario. En el año 2021, la media del margen bruto para los tratamientos deficitarios fue de 918,7 \$ ha<sup>-1</sup>, en comparación con 1729,2 \$ ha<sup>-1</sup> del tratamiento control no deficitario, lo que indica un incremento del 88 %.

Investigación realizada por Zwart y Bastiaanssen (2004) respalda la idea que mejorar la eficiencia del riego puede incrementar notablemente el rendimiento de los cultivos, especialmente en regiones con recursos hídricos limitados. Según FAO (2012), el déficit hídrico puede causar una reducción significativa en la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y, por ende, el rendimiento del cultivo. Esta investigación respalda esta noción al mostrar que los tratamientos deficitarios resultan en márgenes brutos significativamente menores.

**Productividad en (\$ m<sup>-3</sup>):** Los resultados de este estudio revelan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados durante los años 2020 y 2021. En ambos años, el tratamiento de control sin déficit mostró la mayor productividad en términos de (\$ m<sup>-3</sup>). La media de los tratamientos con déficit para los años 2020 y 2021 fue de 9,4 y 3,7 \$ m<sup>-3</sup>, respectivamente, en comparación con el tratamiento de control sin déficit que fue de 13,8 y 7,0 \$ m<sup>-3</sup> en esos mismos años. Esto indica un aumento del 47,2% en el riego sin déficit en el año 2020, y un incremento de casi el 88% en el año 2021, en comparación con los tratamientos con déficit de esos años.

Estos resultados están respaldados por investigaciones como la de Geerts, S., & Raes, D. (2009)., que encontró mejoras significativas en el rendimiento de cultivos bajo riego no deficitario en comparación con métodos tradicionales de riego deficitario. Asimismo, es esencial mencionar la relevancia de la gestión del agua en un contexto de cambio climático y escasez de recursos hídricos. Estrategias como el riego no deficitario pueden contribuir a la adaptación de los sistemas agrícolas a condiciones ambientales cambiantes y a la mitigación de los impactos negativos del estrés hídrico en los cultivos (Iglesias et al., 2015).

### **4.3. DETERMINAR LA INFLUENCIA DEL MANEJO AGRONÓMICO DE RIEGO EN LA SOSTENIBILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL VALLE CARRIZAL - CHONE**

Un análisis realizado para recopilar información de la productividad y sostenibilidad en la producción de maíz en Manabí durante los años 2020 y 2021 reveló la influencia significativa de las prácticas agrícolas y los sistemas de riego. Este análisis incluyó la evaluación de varios indicadores clave, como el número de hectáreas, superficie bajo riego en la provincia. Al integrar los datos de las tablas 9 y 10 junto con el análisis previamente mencionado, se obtiene una comprensión más completa de cómo estas prácticas y sistemas han impactado en la producción de maíz en Manabí.

En 2020, según el INEC (2020), en la provincia de Manabí se cultivaron 104,746.0 hectáreas de maíz, de las cuales solo el 10% tiene acceso al agua de riego (10,474.6 ha). La necesidad de agua para el cultivo fue de 225 mm ( $2250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) por hectárea, lo que equivale a un total de  $23.5 \text{ hm}^3$  requeridos para todas las hectáreas con acceso al agua de riego.

Si se decide aplicar la metodología ORDIL, se lograría un ahorro entre el 30 al 50% según el porcentaje de déficit que se decida aplicar, es decir se emplearía 17.71 y  $11.75 \text{ hm}^3$  respectivamente, permitiendo o usar esa agua para otros cultivos de mayor rentabilidad o incrementar la superficie regada a nivel provincial que con los datos obtenidos podría llegar a duplicarse empleando el mismo volumen de agua actual.

En el caso específico del valle Carrizal – Chone, cerca de 15 mil hectáreas se benefician de la cobertura de riego del sistema presurizado “*Carrizal – Chone*”. Del total de esta superficie, se realizó un análisis considerando 2500 ha dedicadas al

cultivo de maíz que, bajo la premisa anterior, se permitiría cultivar 5000 hectáreas de maíz con la misma cantidad de agua de riego que se emplea actualmente.

En cuanto al rendimiento, si bien la metodología ORDIL no alcanza el rendimiento potencial de un manejo sin déficit hídrico, si permite tener rendimientos cercanos al 80% del potencial. Con estos valores se puede analizar la productividad el agua tanto en términos de rendimiento como económicos.

La metodología ORDIL alcanza una productividad del agua de riego en términos de rendimiento fue de  $73.9 \text{ kg mm}^{-1}$ , que en comparación a los  $44.5 \text{ kg mm}^{-1}$ , logró un incremento del 66%. Es decir, que además de permitir un ahorro y un manejo sostenible del agua, la metodología ORDIL permite incrementar la productividad del agua, siendo una alternativa práctica para la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz y otros cultivos en el valle del Carrizal – Chone.

Estos hallazgos están en concordancia con la literatura científica que destaca la importancia de implementar prácticas de riego más eficientes para enfrentar los desafíos de la escasez de agua y el cambio climático en la agricultura. Investigaciones previas han demostrado que el uso de sistemas de riego por goteo, como el ORDIL + PRD, puede aumentar significativamente la productividad de los cultivos y reducir el desperdicio de agua en comparación con métodos de riego convencionales (Allen et al., 2018).

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

#### **5.1.1. Objetivo General**

La búsqueda bibliográfica que se llevó a cabo ha permitido arrojar luz sobre cómo estos efectos se entrelazan y cómo se pueden tomar decisiones informadas para lograr una producción de maíz exitosa en el valle Carrizal Chone. Los hallazgos obtenidos destacan la importancia de la elección del sistema de riego y su optimización para garantizar una producción sostenible y rentable en un entorno climático variable.

#### **5.1.2. Objetivos Específicos**

El primer objetivo específico, se ha evidenciado que las estrategias de manejo agronómico ORDI, PRD influyen significativamente el comportamiento agro productivo del maíz, donde dentro de las metodologías deficitarias, ORDIL presentó mejores variables de desarrollo como productivas.

En relación con el segundo objetivo específico, la metodología ORDIL se presenta como una alternativa que permite incrementar la productividad del agua en comparación de un manejo tradicional sin déficit y dentro de los tratamientos deficitarios. Así mismo, permite una reducción entre el 30% y 50% en relación a un manejo no deficitario. Esto permitiría asignar esa agua en otros cultivos u otros usos o simplemente incrementar superficies de regadío con el mismo volumen de agua.

Finalmente, el tercer objetivo específico ha demostrado un análisis de la rentabilidad y sostenibilidad en la producción de maíz en el valle Carrizal Chone durante los años 2020 y 2021 destaca la necesidad de adoptar tecnologías y prácticas más eficientes en el uso del agua en la agricultura. El uso de sistemas de riego avanzados, como ORDI y ORDI+PRD, demostró aumentar significativamente la eficiencia del uso del agua y la productividad del cultivo.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere llevar a cabo una evaluación de campo exhaustiva de diversas metodologías de riego aplicadas en cultivos adicionales.
- Se recomienda utilizar el riego ORDI en áreas donde el recurso hídrico es limitado para aumentar significativamente la eficiencia del uso del agua y la productividad del cultivo.
- Se recomienda realizar un análisis detallado de estas variables antes de implementar el riego deficitario, con el fin de optimizar su eficacia y minimizar el riesgo de impactos negativos en el rendimiento de los cultivos.



## CAPITULO VI. CRONOGRAMA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Objetivos específicos	Actividades	Meses															
		Mayo				Junio				Julio				Agosto			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Objetivo 1: Evaluar la respuesta agro-productiva del cultivo de maíz frente a diferentes manejos agronómicos que mejoren la productividad del agua de riego.	Recolectar datos climáticos históricos																
	Realizar entrevistas con agricultores																
	Realizar análisis de datos de respuesta agro-productiva																
	Comparar y analizar resultados																
Objetivo 2: Analizar el impacto económico, en términos de margen bruto, derivado de las estrategias de manejo agronómico de riego en el cultivo de maíz	Revisar literatura científica sobre métodos de riego eficientes																
	Realizar entrevistas con expertos																
	Realizar análisis bibliográfico																
	Diseñar la metodología de búsqueda bibliográfica																
Objetivo 3: Determinar la influencia del manejo agronómico de riego en la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de maíz en el Valle Carrizal - Chone.	Recopilar información sobre costos operativos de diferentes métodos de riego																
	Analizar datos económicos de diferentes enfoques de riego																
	Calcular el margen bruto para cada método de riego																
	Comparar resultados económicos																

## BIBLIOGRAFÍA

- Agama, E., Juárez, E., Evangelista, S., Rosales, O., y Bello, L. (2021). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Revista Científica AgroCiencia*, 47(28), 1–12.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2018). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper, 56, D05107.
- Altieri, D. (2016). The effects of overpopulation on water resources and water security. Department of Engineering, Swarthmore College. Available from [fubini.swarthmore.edu/~ENVS2/dan/Essay4.html](http://fubini.swarthmore.edu/~ENVS2/dan/Essay4.html).
- Álvarez, A., Melgarejo, M., y Eyherabide, G. (2019). Maíz y Nutrición. [www.cropcomposition.org](http://www.cropcomposition.org)
- Álvarez, A., Morábito, J., y Schilardi, C. (2022). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista Científica UNCUYO*, 48(1), 161–177.
- Andrade, F. H., Cirilo, A. G., & Uhart, S. (2023). *Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz*. MAIZAR, Asociación Maíz y Sorgo Argentino.
- Antúnez, A., Carvalho, E., Otárola, J., & Subiabre, H. (5 de junio de 2011). Respuesta del maíz choclero al exceso y déficit de riego en el valle de Azapa. Recuperado el 28 de abril de 2022, de Biblioteca Digital INIA: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4412/NR38622.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, 27(6), 377-412.
- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. *Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, (6), 101-126.
- Basso, B., Ritchie, J. T., & Cammarano, D. (2019). Impact of deficit irrigation on maize production under current and climate changed conditions. *Agricultural Water Management*, 221, 260–269.

- Blaya-Ros, Blanco, Torres-Sánchez, R., González-Teruel, J. D., y Domingo, R. (n.d.). XXXVIII Congreso Nacional de Riegos CARTAGENA 2021 Feasibility of soil and plant indicators for irrigation scheduling in cherry trees. [www.aeryd.es](http://www.aeryd.es)
- Briceño–Yen, H., Valverde-Rodríguez, A., & Álvarez-Benaute, L. M. (2022). Maíz. Una planta de todos los tiempos.
- Campos, A., & Sinichenko, Ei Gritsuk. 2014." Disponibilidad de los recursos hídricos en el Ecuador.
- Carvalho, D. F., Domínguez, A., Neto, D. O., Tarjuelo, J. M., & Martínez-Romero, A. (2014). Combination of sowing date with deficit irrigation for improving the profitability of carrot in a tropical environment (Brazil). *Scientia Horticulturae*, 179, 112-121.
- Cavero, J., Medina, E. T., & Montoya, F. (2018). Sprinkler irrigation frequency affects maize yield depending on irrigation time. *Agronomy Journal*, 110(5), 1862-1873.
- Caviedes, M., Albán, M. G., Zambrano, J. L., & Yáñez, C. (2017). Memorias de la XXII Reunión Latinoamericana del Maíz 2017. (9), 1-75. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/archivosacademicos/article/view/1476/1573>
- Cevallos, T., y Marsillo, L. (2022). Efectos de métodos de riego deficitario sobre el comportamiento fisiológico del cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo condiciones climáticas de Manabí [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López."
- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H. L., Waskom, R. M., Niu, Y., & Siddique, K. H. (2016). Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36, 1-21.
- Chávarri, E., León, R., y Portuguez, D. (2019). Modelación de la disponibilidad hídrica del río Piura-Perú, considerando la incidencia del cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(3), 182–193. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.476>
- Cheng, L., y Palacios, E. (2019). ¿El ciclo hidrológico o el ciclo de atención mediática? Estudio empírico de los encuadres noticiosos del AGUA en la prensa española. *Comunicación y Sociedad*, 34(2), 197–221.
- Colón, G. F. (2009). La crisis del agua en América Latina. *Revista Estudios Culturales*, (4), 80-96.

- Coral, B. V. (2021). Sostenibilidad de recursos hídricos y transformaciones en modelos agrarios comunales en Ecuador. El caso de poza honda 1970-2010 manabí Ecuador: un caso desde el análisis de la economía institucional (Doctoral dissertation, Universidad de Valladolid).
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PloS one*, 11(5), e0156362.
- Deras Flores, H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz.
- Duarte, J., Gavilán, P., Ruiz, N., Lozano, D., Bohórquez, J., y Molina, F. (2020). Efecto de la frecuencia de riego sobre la eficiencia del riego y la producción de un cultivo de fresa. In F. Molina y D. Jiménez (Eds.), *XXXVII Congreso Nacional de Riegos* (pp. 18–27). Universitat Politècnica de Valencia. <https://doi.org/10.4995/cnriegos.2015.1425>
- Faci, J., y Farré, I. (2021). Riego deficitario en cultivos herbáceos. In J. Doorenbos y L. Kassam (Eds.), *XXXIII Jornadas de Estrategias de Riego Deficitario para enfrentarse a la Sequía*. RIDECO.
- Fang, J., & Su, Y. (2019). Effects of Soils and Irrigation Volume on Maize Yield, Irrigation Water Productivity, and Nitrogen Uptake. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41447-z>
- FAO. (2012). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.
- Farré, I. (2020). Respuesta del Maíz (*Zea May L.*) y Sorgo (*sorghum bicolor L. Moench*) al riego deficitario. *Agronomía y Modelización [Tesis de Pregrado]*. Universitat de Lleida.
- Fereres, E., y Goldhamer, D. (2020). Avances recientes en la programación de los riegos. *Ingeniería Del Agua*, 7(1), 47–56.
- Flores, H. D. (2018). *Guía Técnica del cultivo de Maíz*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>

- Fontanella, O., y Aumass, J. (2022). Efecto de tratamientos insecticidas, antes de la siembra, a la semilla de dos híbridos de maíz. *Revista LaTécnica*, 11(14), 26–33.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- García, M., Miranda, R., y Fajardo, H. (2019). Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario para el cultivo de la quinua en el altiplano boliviano.
- Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural water management*, 96(9), 1275-1284.
- Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural water management*, 96(9), 1275-1284.
- Gil, J., Cordova, M., y Montaña, N. (2021). Efectos de los regímenes de riego sobre el rendimiento y el uso del agua del calabacín (*Cucurbita pepo* L.) en condiciones de campo. *Anales Científicos*, 82(2), 237–250. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i2.1786>
- Giménez, L. (2010). Efectos de la disponibilidad hídrica en diferentes etapas de desarrollo de maíz y soja. Potencial del riego extensivo en cultivos y pasturas: 1er seminario internacional, 29-37.
- Giménez, L. (2021). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia Uruguay*, 16(2), 92–102.
- Gómez, M. (2022). Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- González, R., García-Vila, M., & Fernández, M. D. (2016). Deficit irrigation strategies to save water and improve the quality of vineyards. *Agricultural Water Management*, 164(Part 1), 45–56.
- Gordón Gallegos, N. A. (2015). Tutela constitucional para proteger la semilla criolla en el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2015).
- Guamán Guamán, R. N., Desiderio Vera, T. X., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56.

- Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural water management*, 155, 113-124.
- INEC. (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2022/Boletín\\_tecnico\\_ESPAC\\_2022.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/Boletín_tecnico_ESPAC_2022.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2020). Estadísticas Agropecuarias 2020.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021). Estadísticas Agropecuarias 2021.
- Inzunza-Ibarra, M. A., Villa-Castorena, M. M., Catalán-Valencia, E. A., López-López, R., & Sifuentes-Ibarra, E. (2018). Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(3), 283-290.
- Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H., & Gu, B. (2002). Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural water management*, 55(3), 203-216.
- Kette Eberle, L. D., Paredes, S. S., Casado, Á. F., & Díaz-Zorita, M. (2021). Formación del rendimiento de maíz en ultra baja densidad de siembra del cultivo en el sur de La Pampa. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
- León, R., Orozco, J., Ramírez, R., Segura, M., Yescas, P., Trejo, R., y Vida, A. (2018). Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 185–194.
- Li, J., Jiao, X., Jiang, H., Song, J., & Chen, L. (2020). Optimization of irrigation scheduling for maize in an arid oasis based on simulation–optimization model. *Agronomy*, 10(7), 935.
- López, E., Orengo, J., Tarjuelo, J., Martínez, A., y Domínguez, A. (2020). Desarrollo de un algoritmo de solución directa para el cálculo de distribuciones óptimas de cultivos bajo riego deficitario controlado. In R. Martínez, E. Ballesteros, y A. Domínguez (Eds.), XXXVII Congreso Nacional de Riegos. E.T.S. de Ingeniería Agronómica (Universidad de Sevilla). <https://doi.org/10.21151/cnriegos.2016.a07>

- López, R. (2018). Análisis de la producción de maíz en la provincia de Manabí y su aporte al desarrollo local. Periodo 2012-2017 [Tesis de Pregrado]. Universidad de Guayaquil.
- López-Hernández, M., Arteaga-Ramírez, R., Ruiz-García, A., Vázquez-Peña, M. A., & López-Rosano, J. I. (2019). Productividad del agua normalizada para el cultivo de maíz (*Zea mays*) en Chapingo, México. *Agrociencia*, 53(6), 811-820.
- Martínez Barba, M. C. (2015). Estudio comparativo de las relaciones hídricas y producción en uva de mesa bajo riego deficitario (RD) y desecación parcial de raíces (DPR). Efecto del déficit continuo y controlado. Universidad Politécnica de Cartagena
- Meléndez, L. (2020). Respuesta al riego deficitario y a la fertilización nitrogenada reducida de diferentes ciclos de selección masal en una población sintética de maíz. Aspectos agronómicos y fisiológicos [Tesis de Posgrado]. Universidad de Zaragoza.
- Mendoza C., Sifuentes, E., Ojeda, W. y Macías, J. 2016. Response of surface-irrigated corn to regulated deficit irrigation: *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 8(1)
- Mendoza, C., Sifuentes, E., Ojeda, W., y Macías, J. (2020). Respuesta hídrica del maíz mediante riego deficitario controlado. In P. Rendón y A. Rivetti (Eds.), VI Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2020. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Montecelos, Y. (2018). Modelación del efecto de la variación climática en el balance hídrico en dos cuencas (México y Cuba) bajo un escenario de cambio climático [Tesis de Posgrado]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- Moreira, B. W. (2019). "Evaluación agronómica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la época lluviosa en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos". Proyecto de Investigación previo a la obtención de título. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3689/1/T-UTEQ-0180.pdf>
- Moreira, H., y Rivas, K. (2022). Respuesta fisiológica del cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo estrategias de riego deficitario [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López."
- Nascimento, A. K., Schwartz, R. C., Lima, F. A., López-Mata, E., Domínguez, A., Izquierdo, A., Tarjuelo, J. M., & Martínez-Romero, A. (2019). Effects of irrigation uniformity on yield response and production economics of maize in a semiarid zone. *Agricultural*

Water Management, 211(August 2017), 178–189.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.051>

- Navarrete, M., y Palacios, B. (2019). Evaluación de la cadena agroalimentaria de cacao con enfoque de pérdidas de alimentos en el Cantón Bolívar, provincia de Manabí [Tesis de Posgrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Ochoa Cobeña, C. P. (2020). Calibración, validación y utilización del modelo AquaCrop para el cultivo de la chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) en Valencia.
- Ochoa-Noriega, C. A., Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., & Álvarez-Bejar, A. (2020). The use of water in agriculture in Mexico and its sustainable management: A bibliometric review. *Agronomy*, 10(12), 1957.
- Ojeda, C., Murillo, B., Nieto, A., Troyo, I., Reynaldo, I., Ruiz, F., y García, J. (2019). Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Revista Científica Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5), 151–162.
- Orellana Giler, J. X. (2022, 10 de noviembre). El impacto de la futura escasez global de agua. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/firmas/escasez-global-agua-medio-ambiente-economia/>
- Oweis, T., Zhang, H., & Pala, M. (2000). Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. *Agronomy journal*, 92(2), 231-238.
- Oz, M., Palestina, M., Chávez, L., Medina, G., Palacios, O., y Flores, H. (2020). Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 423–430.
- Ozcelik, N., Rodríguez, M., Lutter, S., & Sartal, A. (2021). Indicating the wrong track? A critical appraisal of water productivity as an indicator to inform water efficiency policies. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105452.
- Pacheco, J., Gomes, J., Carlesso, R., y Trois, C. (2022). Pérdidas de agua por evaporación en maíz con siembra convencional y directa para diferentes niveles de cobertura muerta. *II modelos y relaciones*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3).



- Pandey, S., Olague, J., Trejo, A., Bravo Sánchez, S. R., Fortis, M., Armando, R., Nuncio, A., y Ruiz, E. (2018). Agronomic characteristic and forage quality corn with subsurface drip irrigation. *Revista Científica Técnicas Agropecuarias Mexicanas*, 44(3), 351–357.
- Passioura, J. (2006). Increasing crop productivity when water is scarce—from breeding to field management. *Agricultural water management*, 80(1-3), 176-196.
- Payero, J. O., Melvin, S. R., Irmak, S., & Tarkalson, D. (2006). Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *Agricultural water management*, 84(1-2), 101-112.
- Pérez, R. L., & Domínguez, J. G. (2019). El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: propuesta para cinco cultivos permanentes. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(4), 63-72. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n4/es\\_2071-0054-rcta-28-04-e06.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n4/es_2071-0054-rcta-28-04-e06.pdf)
- Pioneer. (2015). Corn Growth and Development de DuPont Pionee. Obtenido de: [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin\\_America\\_Central/Chile/Servicios/Informacion\\_tecnica/Corn\\_Growth\\_and\\_Development\\_Spanish\\_Version.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf)
- Rancel, L. P., Armas, R. P., & Montalvo, J. C. S. (2022). Necesidades hídricas del maíz (*Zea mays* L.) en la CPA “Mártires de Barbados”. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 123-130.
- Rodríguez, G., Basso, C., Reyes, G., y León, R. (2020). Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 405–418. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.39647>
- Rodríguez, I., Pérez, H., García, R., y Quezada, A. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 12(5), 389–401. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- Rojas, R., Roldan, J., López, R., Alcaide, M., y Camacho, E. (2019). El riego del olivar en Jaén: Programación de Riegos. *Ingeniería Del Agua*, 36(7), 43–54. <http://iwaponline.com/IA/article-pdf/3/1/43/576351/ia19962691.pdf>
- Ron Peñafiel, I. X. (2022). Determinación del ciclo de cultivo del maíz (*Zea mays*) VAR. blanco harinoso tipo chazo (Bachelor's thesis).
- Rouf Shah, T., Prasad, K., & Kumar, P. (2016). Maize—A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1166995.

- Rovegno, F., & Giménez, L. (2019). Estrategias de riego para maximizar rendimiento y eficiencia de uso del agua en cultivos de maíz y soja.
- Sadeghpour, B., Haller, H., Medina, J., Volke, V., González, J., Galvis, A., y Santiago, M. (2018). Changes in time in the physical properties of the soil in rain-fed maize and irrigated mango systems in Luvisols in the state of Campeche. *Universidad y Ciencia*, 22(2), 175–189. [www.ujat.mx/publicaciones/uciencia](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia)
- Sadras, V. O., Basso, B., & Trapani, N. (2020). Quantifying the benefits of deficit irrigation and crop protection to achieve water productivity and water-use sustainability in water-scarce irrigated vineyards. *Agricultural Water Management*, 232, 106047.
- Saltos Briones, V. J., & Solórzano Solórzano, J. A. (2021). Respuesta agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo estrategias de riego deficitario (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Tarazona-Meza, N. L., Chavarría-Párraga, J. E., & Moreira-Saltos, J. R. (2022). El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*. ISSN: 2600-5883., 5(9), 2-11.
- Telleria Zagredo, Alan. 2015. “Efecto del riego deficitario en dos variedades de maíz, como estrategia de adaptación al cambio climático, en la comunidad la granja, municipio de palca, departamento de la paz” Tesis de Grado. Universidad mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia.
- Tromben, C. (2011). América Latina y el agua: la crisis de la liquidez. *América Economía*. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/america-latina-y-el-agua-la-crisis-de-la-liquidez>.
- Valentinuz, O., y Uhart, S. (2018). Maíces tropicales y templados, efecto de la fecha de siembra y densidad poblacional sobre el rendimiento e índice de cosecha. <https://www.researchgate.net/publication/311711112>
- Villacís Seme, J. Y. (2021). Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador).
- Villacís, J. (2021). Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) sometido a tres densidades de siembra en la Zona de Ventanas, Provincia de Los Ríos [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Villarreal, M. (2018). Comportamiento del gusano cogollero (*Spodoptera Frugiperda* J. E. Smith) en diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Cantón San Vicente, Manabí [Tesis de Pregrado]. Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.
- Viqueira, P. (2020). Administración de sistemas de riego: tipos de autogestión. In N. Rodríguez (Ed.), XXX Congreso Nacional de Irrigación (pp. 16–18). Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación. <http://www.chapingo.mx/anei/xcongreso/Indice6.htm>
- Vita Serman, A. F. (2022). Estrategias de riego deficitario y productividad del agua en olivares intensivos localizados en climas de tipo continental y totalmente dependientes del riego.
- World Water Assessment Programme (United Nations), & UN-Water. (2009). Water in a changing world. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/>
- Wu, Y., Du, T., Yuan, Y., & Shukla, M. K. 2018. Stable isotope measurements show increases in corn water use efficiency under deficit irrigation. *Scientific reports*, 8(1):14113
- Yáñez, C; Zambrano, J; Caicedo, M. 2013. Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito, Ecuador. INIAP, Programa de Maíz, 28p, (Guía No 96)
- Zwart, S. J., & Bastiaanssen, W. G. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural water management*, 69(2), 115-133.