



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales

## **“SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN FINCAS AGRÍCOLAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE LOS AÑOS 2010 Y 2020”**

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en** Ingeniería de Sistemas Computacionales

### **Autores:**

Leython Lías Jose Miguel  
Perales López Anderson Nolberto

### **Asesor:**

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre por sus consejos, el cariño, la confianza y el aliento para continuar. A mi tía por brindarme los recursos, el cariño y motivación para cumplir los objetivos.

Primero agradezco a Dios, que siempre está presente en mi día a día, dándome la sabiduría y la fuerza necesaria para seguir adelante en cada una de las metas que me propongo en la vida.

A mi madre querida Genoveva López, su apoyo y confianza tanto en mi vida profesional como personal valen oro para mí, a mi familia por motivarme cada día a ser ejemplo y orgullo para ellos.

A mí mismo, para que en años más adelante recuerde con alegría y entusiasmo como es que, con disciplina, pasión y fe, puedo llegar a todo lo que yo me decida alcanzar en esta tan maravillosa vida que se me ha sido dada.

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco a mi familia por todo el cariño y las enseñanzas que me brindaron, por todo su apoyo y creer en mí.

Agradecer desde lo más profundo de mi corazón a Dios.

Agradecer a mi madre, por su comprensión, cariño, amor, y por darme la oportunidad de haber podido estudiar y vivir esta hermosa carrera, además de su sacrificio y ayuda mostrada en el día a día para poder continuar sin desistir.

A todos los ingenieros, docentes y amigos que me escucharon y aconsejaron a lo largo de mi vida universitaria en todo lo que pudieron.

Muchas gracias. Este trabajo es por y para ustedes.

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	21
---------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de registro de artículos.....	21
Figura 2. Análisis por categoría.....	26

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de dar a conocer las tendencias de los sistemas automatizados de riego en cultivos de maíz para fincas agrícolas, tomando como base la revisión de la literatura científica de los últimos 10 años. Este trabajo se elaboró siguiendo los pasos establecidos por la estrategia PRISMA. Luego de realizar una búsqueda sistemática de los estudios publicados en el periodo de tiempo previamente mencionado, se seleccionaron 37 investigaciones, estas fueron extraídas de bases de datos como: SCIELO, Dialnet, EbscoHost, etc; para seleccionar los trabajos se usaron criterios de búsqueda como la estructura IMRD, el idioma y la calidad del estudio. Los resultados obtenidos describen distintas estrategias del uso de sistemas automatizados de riego en cultivos de maíz, las cuales pueden ser agrupadas en 3 categorías: la primera, se refiere a factores ambientales en el cultivo; la segunda, al uso de fertilizantes; la tercera, hace referencia al rendimiento del riego. Acorde con lo mencionado, se concluye que la implementación de los sistemas automatizados de riego es notable en cultivos de maíz, debido a que permiten gestionar el recurso hídrico que requieren las plantas del cultivo.

**PALABRAS CLAVES:** Sistemas automatizados, riego, cultivos de maíz, finca.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el cultivo de maíz en fincas agrícolas tiene un impacto económico importante en el mundo, sirva de ejemplo que, en los últimos años, la población mundial ha crecido a 6500 millones de personas, el área irrigada se ha aumentado considerablemente y la extracción de agua se ha triplicado (Fuentes, 2011). El tipo de riego más usado para el cultivo del maíz es por infiltración el cual tiene como inconveniente la gran cantidad de agua que se requiere y elevadas pérdidas de agua por evaporación, no obstante, el riego tiene dos efectos importantes, a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura (Guerrero y Florián, 2013).

Los sistemas automatizados de riego permiten suministrar agua de manera artificial al perfil del suelo, para su posterior utilización por los cultivos. Con estos sistemas es posible determinar la frecuencia de aplicación del agua y la cantidad de esta de acuerdo con la etapa del cultivo (Fuentes, 2011), asimismo, estos sistemas pueden adaptarse a cada tipo de cultivo que se encuentre sembrando el agricultor y también pueda ser alimentado por un sistema basado en energía renovable (Rojas y Castellanos, 2019), inclusive, los sistemas de riego se consolidan acciones que buscan aprovecharlo, logrando una gran producción, con el calentamiento global y la disminución de afluentes hídricos (Parada y Carrillo, 2014).

El maíz es un cultivo que posee un gran potencial en la producción de grano y es muy susceptible a los cambios de los factores ambientales (Giménez, 2012), puesto que, el cultivo de maíz tiene un ciclo que comprende cinco periodos fundamentales que son: nascencia, crecimiento, floración, fructificación y maduración-secado (Oyarzun, 2010). Por otro lado, los productores dependen económicamente del cultivo del maíz, cuya productividad está limitada por la utilización de una tecnología de altos insumos (Vaz y Leyva, 2015), ya que, frecuentemente en los campos agrícolas siempre existen sobre irrigación causadas porque no se controla el exceso de agua, lo que origina desperdicios de la misma. Esta se convierte en el líquido vital para el desarrollo, crecimiento y producción de los cultivos (Álvarez, 2017).



Un sistema automatizado de riego permite administrar el recurso hídrico para proveer a la planta el líquido necesario (Fuentes, 2011), y en cuanto al cultivo de maíz, este comprende un ciclo de vida lo cual va requiere de un tiempo de riego en cada una de sus fases de crecimiento (Oyarzun, 2010), a través de esto podemos observar que el cultivo de maíz requiere de una mejor gestión del agua y esto se puede lograr haciendo uso de los sistemas automatizados de riego que son capaces de controlar las necesidades hídricas del maíz a través de los sensores que recolectan los datos que permite tomar las decisiones necesarias para el desarrollo del cultivo.

Después de lo mencionado anteriormente, se planteó la pregunta: ¿Cuáles son los enfoques de los sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz en fincas agrícolas entre los años 2010 y 2020? De este modo el objetivo de este trabajo de investigación fue mostrar los diferentes enfoques de los sistemas automatizados en el cultivo de maíz en fincas agrícolas, a partir de análisis de artículos de investigación de manera que puedan ser replicados en el futuro.

Finalmente, podemos ver la importancia del cultivo de maíz y como este tiene un gran impacto económico por el excesivo uso del agua que esta demanda en su producción, pero a pesar de muchas soluciones propuestas la eficiencia de riego no supera el 40% en el cultivo de maíz y en algunos países, donde los recursos hídricos son cada vez más escasos, constituyen un lujo que no se pueden permitir. Debido a la pérdida del agua por conducción y distribución que tienen algunos sistemas de riego tradicionales, siendo este motivo por el cual es un problema central que quiere solucionar aún en las fincas de cultivo en el maíz.

Además, definir cómo los sistemas automatizados en la agricultura nos pueden brindar una mejor gestión del agua al implementar un sistema de riego enfocado al ciclo de vida del maíz, para un riego óptimo, debido a que, este líquido vital influye en el desarrollo, crecimiento y producción del maíz el cual debe ser manejado eficientemente, aplicando, de forma que las pérdidas innecesarias del líquido esencial para el maíz garanticen las necesidades del cultivo en cada momento. Y que de la misma forma los resultados puedan ser reproducidos o adaptados en futuras investigaciones.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### *Tipo de estudio*

Para esta investigación se realizó una revisión sistemática de la literatura científica basada en la metodología PRISMA [Preferred Reporting, Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses] (Urrutia y Bonfill, 2010).”

### *Criterios de inclusión*

Para esta investigación se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los enfoques de los sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz en fincas agrícolas entre los años 2010 y 2020? Se tomaron en cuenta las tesis y artículos extraídos de bases de datos científicas indexadas, aquellos que estuvieran redactados en idioma español e inglés, que cuenten con la estructura IMRD, publicados entre los años 2010 y 2020, que mostraran la implementación de sistemas autónomos de riego en cultivos de maíz en fincas agrícolas.

### *Recursos de información*

Para realizar la búsqueda se revisaron bases de datos nacionales e internacionales donde se encuentren artículos y tesis que cumplieran los criterios que se mencionaron anteriormente. Las bases de datos que se consultaron fueron: Académica-e, de donde se rescató 1 tesis; Alicia, donde se recuperó 1 tesis; Arvix, donde se halló 1 artículo; Biblioteca Digital Uncuyo, donde se extrajo 1 investigación; Biblioteca Digital Wilson Popeneo, de donde se extrajeron 2 artículos; Ciencia Unisalle, de donde se rescató 1 tesis; Consorcio de Bibliotecas, donde se encontró 1 tesis; DialnetPlus, de donde se recuperaron 2 investigaciones; Digital.CSIC, donde se hallaron 4 artículos y 1 tesis; DSpace, de donde se extrajo 1 tesis; EBSCOHost, donde se rescataron 6 investigaciones; ESPAMMFL, donde se halló 1 tesis; REBIOL, donde se extrajo 1 tesis; Redalyc, donde se encontró 1 estudio;

Repositorio Científico y Tecnológica UPSE, donde se halló 1 investigación; Repositorio CitaREA, de donde se extrajo 1 artículo; Repositorio de la Universidad de Plata, de donde se rescató 1 estudio; Repositorio de la Universidad de Valladolid, donde se extrajeron 2 tesis; Repositorio de la Universidad del Altiplano, de donde se recuperaron 2 tesis; Repositorio de la Universidad Nacional Agraria, donde se halló 1 tesis; Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito, de donde se rescató 1 tesis; Repositorio de Universidad de Costa Rica, donde se encontró 1 investigación; Repositorio Digital INIFAP, donde se halló 1 tesis; Repositorio Ecorfan, de donde se extrajo 1 artículo; Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se hallaron 2 tesis; Repositorio SENA, donde se halló 1 estudio; Repositorio Universidad distrital Francisco José de Caldas, donde se encontró 1 tesis; ResearchGate, de donde se rescató 1 artículo; Repositorio de la Universidad César Vallejo, de donde se recuperó 1 tesis; Repositorio de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, donde se extrajo 1 tesis; Repositorio Institucional RIUMA, donde se halló 1 tesis; Repositorio Jóvenes de la ciencia, donde se encontró 1 investigación; Repositorio UNITRU, donde se rescató 1 tesis; Scielo, donde se extrajeron 16 artículos; SEDICI, de donde se recuperó 1 estudio; y Semantic Scholar, donde se extrajo 1 tesis.

### ***Búsqueda***

Para asegurar que los estudios encontrados correspondían a la revisión, se aplicó un filtro en las bases de datos consultadas. Como primer filtro se usaron las palabras clave obtenidas a partir de la pregunta de investigación, estas fueron: “sistemas automatizados de riego”, “cultivo de maíz”, “sistema de riego”, “irrigation system”, “riego”, “sistema automático”, “sistema automatizado”, “automatización”, “agrícola”, “agricultura”, “maíz”, “finca”. También se filtraron las búsquedas por los idiomas español e inglés, se tomó en cuenta que

los años de publicación estuvieran entre 2010 y 2020. Se definió como base de datos especializada a CitaREA el cual es un repositorio científico especializado en artículos de revistas enfocadas al desarrollo agrario ubicado en España y como buscador genérico se usó Google Académico. A continuación, se muestran las rutas específicas de búsqueda:

### **Academica-e**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Alicia**

“Sistema automatizado” AND “Cultivo de maíz” AND “Finca”

### **Arvix**

“Irrigation system”

### **Biblioteca Digital Uncuyo**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Biblioteca Digital Wilson Popeneo**

(“Sistema de riego” AND “Maíz” AND “Finca”) OR (“Agricultura” AND  
“Sistema de riego”)

### **Ciencia Unisalle**

“Sistema automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Consortio de Bibliotecas**

“Sistema automático” AND “Riego”

### **DialnetPlus**

“Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Digital.CSIC**

(“Sistema automático” AND “Riego”) OR (“Riego” AND “Finca” AND  
“Automatización”) OR (“Cultivo de maíz” AND “Riego”)

### **DSpace**

“Sistema automatizados de riego” AND “Cultivo de maíz”

### **EBSCOHost**

(“Sistema de riego” AND “Cultivo de maíz”) OR (“Cultivo de maíz” AND  
“Finca”) OR (“Agrícola” AND “Riego” AND “Maíz”)

### **ESPAMMFL**

“Sistema automatizados de riego” AND “Cultivo de maíz”

### **REBIOL**

“Riego” AND “Agricultura”

### **Redalyc**

“Cultivo de maíz” AND “Finca” AND “Agrícola”

### **Repositorio Científico y Tecnológica UPSE**

“Automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio CitaREA**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Repositorio de la Universidad de Plata**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Repositorio de la Universidad de Valladolid**

“Sistema de riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio de la Universidad del Altiplano**

(“Sistema automatizado” AND “Finca” AND “Cultivo de maíz”) OR (“Sistema de riego” AND “Automatizado” AND “Cultivo de maíz”)

### **Repositorio de la Universidad Nacional Agraria**

“Riego” AND “Agrícolas” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito**

“Sistema de riego” AND “Agrícola”

### **Repositorio de Universidad de Costa Rica**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Repositorio Digital INIFAP**

“Cultivo de maíz” AND “Fincas”

### **Repositorio Ecorfan**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana**

(“Sistema de riego automatizado” AND “Finca” AND “Cultivo de maíz”) OR

(“Sistema automático de riego” AND “Cultivo de maíz”)

### **Repositorio SENA**

“Automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio Universidad distrital Francisco José de Caldas**

“Sistema automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **ResearchGate**

“Sistema automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz” AND “Finca”

### **Repositorio de la Universidad César Vallejo**

“Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**

“Sistema automático” AND “Riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio Institucional RIUMA**

“Sistema automatizados de riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Repositorio Jóvenes de la ciencia**

“Cultivo de maíz” AND “Riego”

### **Repositorio UNITRU**

“Sistema de riego” AND “Cultivo de maíz”

### **Scielo**

(“Sistema de riego” AND “Maíz” AND “Finca”) OR (“Cultivo de maíz” AND  
“Riego”) OR (“Cultivo de maíz”) OR (“Riego” AND “Cultivo de maíz” AND  
“Agricultura”)

### **SEDICI**

“Cultivo de maíz” AND “Agrícola”

### **Semantic Scholar**

“Sistema automatizado” AND “Riego”

#### ***Descarte e inclusión***

Para realizar la exclusión de artículos, se descartaron principalmente todos aquellos que no cumplieran con el formato IMRD. Tampoco se tomaron en cuenta los artículos que no se enfocaran completamente en sistemas de riego. Se descartaron también algunos documentos que hayan sido publicados por fuentes que no sean especialistas en el tema. Otra razón que se tomó en cuenta para realizar el descarte fue el impacto científico que tiene los autores en las revistas donde se publicaron, a partir de las publicaciones realizadas se empezó a tomar en cuenta que los sistemas automatizados analizaran también los factores ambientales que pueden afectar de manera negativa al cultivo de maíz. Al finalizar, se excluyeron un total de 8 artículos y 19 tesis.

#### ***Selección de datos***

Después de haber descartado las investigaciones que no cumplieran los requisitos, se obtuvo un total de 33 artículos y 4 tesis. Posteriormente, se organizaron todos los estudios encontrados teniendo en cuenta las siguientes características: base de datos, año de publicación, tipo de documento.

Finalmente, después de realizar la clasificación, se determinó que la mayoría de los estudios encontrados fueron artículos científicos, por otro lado, la mayor cantidad de estudios fueron publicados en el año 2013. Además, cabe agregar que la base de datos de la que se obtuvo la mayor parte de las investigaciones incluidas fue Scielo.



### CAPÍTULO III. RESULTADOS

A partir de la búsqueda de estudios en los motores de búsqueda y bases de datos, se obtuvo un total de 64 investigaciones originales, publicadas entre 2010 y 2020, las cuales estuvieron distribuidas de la siguiente manera: artículos de revistas, 36 publicaciones; artículos de conferencia, 5 publicaciones; y tesis, 23 publicaciones. Luego, se aplicaron los criterios de inclusión y de exclusión, lo que permitió la obtención de un final de 37 investigaciones, que se presentan en esta sección.

Una vez obtenidos los estudios válidos para la presente investigación, se procedió a identificarlos en una matriz de registro de artículos, tomando en cuenta campos como la base de datos, autores, año de publicación y título. Estos estudios se presentan en la figura 1.

N°	Base de datos	Autor / autores	Año	Título del trabajo de investigación
1	Academica-e	Oyarzun M.	2010	Respuesta productiva de un cultivo de maíz ("zea mays" l. Var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos
2	Biblioteca Digital Uncuyo	Alvarez et al.	2016	Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (Zea mayz) en provincias del centro y noreste argentino
3	Biblioteca Digital Wilson Popeneo	Aguirre J. y Meza M.	2011	Diseño de un sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semillas en Zamorano, Honduras
4	Biblioteca Digital Wilson Popeneo	Fuentes L.	2011	Estrategia productiva y económica de agricultores de pequeña escala de acuerdo al sistema de riego utilizado: El caso de Honduras

5	Digital.CSIC	Anadón et al.	2010	Prueba en el campo de un prototipo de programador automático de riego por aspersión
6	Digital.CSIC	Zapata et al.	2012	Autoprogramadores para coberturas de riego por aspersión
7	Digital.CSIC	Zapata et al.	2017	Análisis del riego por aspersión a baja presión en un cultivo de maíz
8	DSPACE	Rojas et al.	2019	Diseño de un sistema de riego automatizado para el Parque Nacional Galápagos usando energía renovable
9	EBSCOhost	González et al.	2013	Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana
10	EBSCOhost	Peinado et al.	2014	Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México
11	EBSCOhost	Mendoza et al.	2018	Uso de programa Irrimodel para la programación de riego por goteo en el cultivo de maíz (zea mays l.).
12	REBIOL	Guerrero et al.	2013	Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca baja del río Jequetepeque (La Libertad, Perú)
13	Redalyc	Vaz D. y Leyva Á.	2015	El cultivo de maíz (zea mays l.) Dentro del sector agrario de Huambo-angola. Parte i. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad
14	Repositorio Científica y Tecnológica UPSE	León et al.	2016	Efecto de variante de riego en la producción de maíz (zea mays l.) En la Comuna Río Verde, cantón Santa Elena, Ecuador.

15	Repositorio citaREA	Jiménez M. y Isidoro D.	2012	Efectos de la modernización de la Comunidad de Regantes de Almudéver (Huesca) sobre el cultivo del maíz
16	Repositorio de la Universidad de Plata	Génova et al.	2014	Desempeño de tres métodos de riego por surcos: caudal único, dos caudales y caudal discontinuo en un cultivo de maíz
17	Repositorio de Universidad de Costa Rica	Zea et al.	2016	El uso de rastrojo de maíz como cubierta superficial y sus implicaciones en la economía del nitrógeno en los cultivares de maíz.
18	Repositorio Ecorfan	Luna et al.	2014	Impacto Económico de la Agricultura Orgánica en comparativo con la Agricultura Tradicional en el cultivo del Maíz
19	Repositorio SENA	Parada J. y Carrillo J.	2014	Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles
20	ResearchGate	Rueda et al.	2018	Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro invernadero aplicado al cultivo de Albahaca
21	Repositorio de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	Álvarez A.	2017	Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC.
22	Repositorio Jóvenes en la Ciencia	Hernández A. y Hernández A.	2019	Sistema de instrumentación eficiente para cultivos de producción controlada a través de un sistema de gestión rentable
23	Scielo	Terrazas et al.	2010	Alteración de la fertilidad del suelo, y vulnerabilidad de maíz y trigo bajo riego debido al cambio climático
24	Scielo	García M.	2010	Análisis crítico del método de riego por goteo en las condiciones del Uruguay
25	Scielo	Ojeda et al.	2010	Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos
26	Scielo	Turján et al.	2012	Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla
27	Scielo	Giménez L.	2012	Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo

28	Scielo	Flores et al.	2013	Simulación del rendimiento de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) En el norte de Sinaloa usando el modelo aquacrop
29	Scielo	Íñiguez et al.	2013	Análisis de cuatro variables del período de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal
30	Scielo	Díaz et al.	2013	Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz ( <i>Zea mays</i> L.)
31	Scielo	Damián et al.	2013	Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México
32	Scielo	Flores et al.	2013	Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario
33	Scielo	Salazar et al.	2014	Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz
34	Scielo	Zermeño et al.	2015	Fertilización biológica del cultivo de maíz
35	Scielo	Sifuentes et al.	2015	Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie

36	Scielo	Montemayor et al.	2016	La regresión lineal en la evaluación de variables de ingeniería de riego agrícola y del cultivo de maíz forrajero
37	Scielo	Reyes et al.	2018	Vulnerabilidad ante la variabilidad climática en los cultivos de maíz <i>Zea mays</i>

Figura 1. Matriz de registro de artículos. La figura muestra la fuente, autor(es), año y título de cada una de las investigaciones seleccionadas.

Al completar la etapa de identificación de artículos, se procedió a usar un protocolo de organización de la información para cada una de las investigaciones. Se recogió información a partir de las siguientes características de estudio: tipo de documento, año de publicación y revista de publicación. Además, para cada campo, se definió su frecuencia y respectivo porcentaje con respecto al total de investigaciones. Esta información se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

*Características de estudio*

Tipo de documento	Año de publicación		Revista de Publicación del artículo					
	F	%	F	%				
Artículo de revista	30	81%	2010	5	14%	Acta universitaria	1	3%
Artículo de conferencia	3	8%	2011	2	5%	Agricultura, sociedad y desarrollo	1	3%
Tesis	4	11%	2012	4	11%	Agrociencia	3	10%
			2013	7	19%	Agrociencia Uruguay	2	7%
			2014	5	14%	AGRONOMÍA MESOAMERICANA	1	3%
			2015	3	8%	Agroproductividad	1	3%
			2016	4	11%	Cultivos Tropicales	1	3%
			2017	2	5%	Agrociencia	2	6%
			2018	3	8%	Revista mexicana de ciencias agrícolas	2	6%
2019	2	5%	Cultivos Tropicales	1	3%			

ECORFAN	1	3%						
Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional.	1	3%						
JÓVENES EN LA CIENCIA	1	3%						
RenovaT	1	3%						
Research in Computing Science	1	3%						
Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias	1	3%						
Revista Científica y Tecnológica UPSE	1	3%						
Revista de la Facultad de Agronomía	1	3%						
Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias	1	3%						
Revista fitotecnia mexicana	1	3%						
Revista mexicana de ciencias agrícolas	5	17%						
Sociedad y ambiente	1	3%						
Tecnología y ciencias del agua	1	3%						
Tierras de Castilla y León	1	3%						
Zamorano	2	7%						
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Nota: Estudios agrupados por característica de estudio. Por cada tipo de característica se muestra la frecuencia y porcentaje de ocurrencia respecto del total.

Se procedió analizando cada una de las investigaciones de forma que estas se puedan categorizar de acuerdo con el tipo de aplicación que se les dio a los sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz. Estas categorías se muestran en la figura 2.

Categoría	Aportes
Factores ambientales en el cultivo	<p>“El estudio de las condiciones bajo las cuales el sistema diseñado puede brindar resultados satisfactorios arrojó valores de factores para un correcto riego de cultivo, entre estos factores destacan la humedad del suelo, intensidad de luz y temperatura ambiente.” (Rojas D. et al., 2019)</p> <p>“Las posibles acciones de adaptación al cambio climático para contrarrestar la reducción en el ciclo fenológico de los cultivos anuales, y en consecuencia de su rendimiento, son: restringir el periodo de siembra a los periodos fríos para que generen mayor duración del ciclo de cultivo, y usar variedades de ciclo largo resistentes al estrés térmico e hídrico, y soporten temperaturas mayores a las que se presentan actualmente.” (Ojeda W. et al., 2010)</p> <p>“El modelo AquaCrop es una herramienta que se puede utilizar para evaluar escenarios de estrés hídrico, requerimientos de riego, el impacto de diferentes condiciones de manejo agronómico y estimar rendimientos dependientes de las condiciones climáticas de la región.” (Flores H. et al., 2013)</p> <p>“El desarrollo del presente trabajo permite concluir que analizar y relacionar las cuatro variables consideradas del periodo lluvioso (lluvia acumulada, inicio, terminación y duración), con base en una modelación probabilística bajo el empleo de la función de densidad de probabilidad normal, es posible señalar que para el caso estudiado 78.5% de las veces el agricultor contará con la lluvia necesaria para el desarrollo del maíz de temporal con duración de 110 días.” (Iñiguez M. et al., 2013)</p> <p>“La aportación de la alteración de la fertilidad del suelo (<math>\phi_f</math>) en los resultados de cálculos de la productividad de los cultivos bajo riego depende del nivel y signo del cambio del índice climático IHTr promedio anual (si aumenta o decrece) en el sitio de referencia, y de la sensibilidad del suelo al cambio climático.” (Terrazas L. et al., 2010)</p> <p>“La alteración de la precipitación condiciona la temporada de riego y esto implica un problema en los cultivos y en la población que se dedica a la actividad. El aumento en la temperatura resulta beneficioso para los cultivos de maíz en algunas regiones, sin embargo, la disminución en la misma también ha sido evidente, sobre todo en temporadas de invierno, lo que favorece el incremento en la intensidad de las heladas, especialmente en las partes más altas del Distrito.” (Reyes G. et al., 2018)</p> <p>“En las condiciones climáticas del Uruguay, un mismo cultivo requiere un 40 % más de volumen total de agua de riego neto si se riega por goteo que si se regara por un método «tradicional».” (García M., 2010)</p>
Uso de fertilizantes	<p>“Se aumentó en 40 % la eficiencia de aplicación y productividad del agua, y en similar proporción la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados. Se registró un incremento de entre 2 y 3 t ha<sup>-1</sup> en rendimiento equivalente a 16% y 25% mayor con respecto al sistema tradicional, haciendo factible su inversión con equipos de riego por goteo austeros.” (Mendoza C. et al., 2018)</p>

“Un mal manejo del riego convencional es importante la capacitación del personal de campo (regadores en especial) y técnicos para obtener un mejor uso del agua y evitar percolaciones de fertilizantes nitrogenados a los mantos acuíferos, evitando la contaminación del ambiente y reduciendo los costos de producción.” (Flores H. et al., 2013)

“Con respecto al uso de diferentes técnicas de riego por superficie también se demostró incrementar la eficiencia del riego a nivel parcelario, no obstante reduciendo significativamente las pérdidas de nutrientes fuera de la zona activa radicular como el nitrógeno.” (Sifuentes E. et al., 2015)

“El tratamiento con 75 % del riego y 75 % de nitrógeno propició un grano con características físicas aceptables para el proceso de nixtamalización y una alta tasa de transformación a masa y tortilla, sin afectar el color.” (Salazar J. et al., 2014)

“Por su parte, las tecnologías modernas resultan predominantes en actividades como preparación del terreno, control de malezas y fertilización; en tanto, las tecnologías campesinas sobresalen en la siembra (surcado y tipo de semilla), fertilización (uso de estiércol), asociación, rotación de cultivos, y conservación de suelos.” (Turiján T. et al., 2012)

“La aplicación de fertilizantes biológicos derivados de extractos de algas marinas al suelo y al follaje en un cultivo de maíz forrajero indujo un mayor contenido relativo de clorofila y mayor tasa de transporte de electrones, que resultó en mayor altura de plantas, de mayor diámetro de tallo y mayor peso seco de planta.” (Zermeño A. et al., 2015)

“La fertilización de maíz bajo un contexto orgánico puede mantener los niveles de cosecha y proteger y restaurar los ecosistemas, evitando la contaminación que puede resultar de la fertilización química, así como bajar los costos de producción.” (Luna A. et al., 2014)

“Hubo diferencias significativas en el efecto de los niveles de fósforo aplicados y las variedades generaron diferencias significativas en la biomasa producida, y la interacción fósforo variedad fue significativa.” (Díaz E. et al., 2013)

“En términos de promedio general (Cuadro3) se ganan 15 kg grano por cada kg N/ha aplicado, sin importar el nivel de rastrojo.” (Zea J. et al., 2016)

Rendimiento  
del riego

“Los rendimientos han sido superiores en riego por aspersión con una media de 11.395 kg ha<sup>-1</sup> frente a 7.296 kg ha<sup>-1</sup> en inundación.” (Oyarzun M., 2010)

“La creciente escasez de agua está generando más conflictos relacionados con el acceso y control del agua, que se dan en gran medida entre actores privados poderosos y usuarios organizados en movimientos sociales.” (Guerrero y Florián, 2013)

“Para el maíz fue posible explicar mejor la relación rendimiento/agua aplicada como riego a través de una función por partes con un punto de ruptura alrededor de los 185 mm, que por un polinomio de segundo orden.” (González F. et al., 2013)

“Un mal manejo del riego convencional, es importante la capacitación del personal de campo (regadores en especial) y técnicos para obtener un mejor uso del agua y evitar percolaciones de fertilizantes nitrogenados a los mantos



---

acuíferos, evitando la contaminación del ambiente y reduciendo los costos de producción.” (Peinado V. et al., 2014)

“El programador automático ha funcionado de forma correcta ya que ha conseguido regar con menos agua que el tratamiento T0 y ha conseguido la misma producción.” (Anadón R. et al., 2010)

“El prototipo de programador automático ha funcionado de forma autónoma durante los dos años de prueba en campo y ha reducido a la mínima expresión el tiempo y los conocimientos que el agricultor debe dedicar a la tarea de programar y ejecutar el riego.” (Zapata N. et al., 2012)

“Las pérdidas de rendimiento en grano por estrés hídrico durante el PC fueron de 47 y 50% del rendimiento potencial.” (Giménez L., 2012)

“Un control del sistema de riego en el cual según el estado de humedad de la planta es la cantidad de agua que suministra, si la planta se encuentra normal sigue con la misma cantidad (60ml) si la planta esta deshidratada aumenta la cantidad de agua hasta que la planta se regula a su estado estable y si la planta se encuentra sobre hidratada disminuye la cantidad de agua suministrada hasta que la planta vuelva a estar en condiciones estables.” (Vázquez M. et al., 2018)

“El análisis de este proyecto cumple con las exigencias planteadas utilizando recursos naturales mediante el uso de paneles fotovoltaicos como fuente de energía para el bombeo y abastecimiento del agua que sirve para el consumo, y riego de los cultivos en zonas rurales donde carecen de suministro de energía eléctrica y agua potable.” (Álvarez A., 2017)

“Al parecer el problema crítico que limita su desarrollo es la carencia de agua, pero eso no lo concientizan como problema fundamental en el marco de un carente desarrollo social, que se refleja en la falta de recursos tecnológicos para garantizar el agua que requiere la producción de alimentos y la ausencia total de iniciativas para su captura.” (Vaz y Leyva, 2015)

“El sistema está adaptado para regar los cultivos de hortalizas y producción de semillas. Las cintas están separadas a 1.50 m y distanciamiento entre goteros de 0.30 m, los cuales tienen un caudal de 1.1 L/h/gotero. El área total a regar es de 38.30 ha.” (Aguirre y Meza, 2011)

“La implementación de sistemas de riego tiene un impacto positivo en los ingresos netos promedio. Los sistemas de riego presurizados, sean por aspersión o por goteo, permiten obtener mayores productividades y más ingresos económicos, hasta 87% más que con los otros sistemas analizados.” (Fuentes L., 2011)

“El riego reduce la huella hídrica y, a su vez, plantea un valor potencial objetivo que el productor podría alcanzar si realizase un adecuado manejo del agua y de la fertilización.” (Alvarez A. et al., 2016)

“En el sistema tradicional de riego por superficie, la aplicación de coberturas líquidas con el riego daba lugar a elevadas pérdidas de N en el agua de drenaje, y los agricultores tenían que elevar las dosis aplicadas para contrarrestar esas pérdidas.” (Jiménez y Isidoro, 2012)

“Debería tenerse en cuenta la incorporación de nuevos criterios sobre usos beneficiosos y no beneficiosos, en zonas áridas y semiáridas bajo riego integral, donde por ejemplo debe cumplirse el requerimiento de lixiviación para mantener el balance salino del suelo

(tradicionalmente dicha fracción de agua se considera una pérdida aunque no lo es desde el punto de vista de la sustentabilidad de los agroecosistemas)." (Leopoldo G. et al., 2014)

"El riego por aspersión a 2 kg/cm<sup>2</sup> en boquilla, con aspersor de latón convencional o con aspersor con placa deflectora, no produjo merma de la producción comparado con un tratamiento de presión estándar, 3 kg/cm<sup>2</sup>." (Zapata N. et al., 2017)

"La herramienta matemática regresión lineal permite generar modelos que ayudan a entender, cuantificar y estimar variables en la ingeniería del riego como lámina de riego y evaporación, para cultivos como el maíz forrajero." (Montemayor J. et al., 2016)

"Debido a la necesidad de una producción controlada y la falta de materiales necesarios para el desarrollo de dicha producción a manera de resultado se propone la creación de una empresa innovadora que cubra la necesidad de asesoría técnica, productos, accesorios y material para la construcción de invernaderos teniendo como objetivo eliminar la necesidad de cadenas largas de intermediarios, para así, ofrecer precios más accesibles con un tiempo de respuesta más rápido." (Flores y Ortega, 2015)

"Se logró como resultado anular el crecimiento de maleza, un promedio de consumo de agua de 17 m<sup>3</sup> de agua en un riego que dura aproximadamente 30 minutos, logrando una humedad del suelo en los puntos de muestreo mayor al 70%, y además reduciendo el consumo de agua en un 55% frente a los sistemas de riego tradicionales." (Parada y Carrillo, 2014)

"La productividad del agua expresada en kilogramos de maíz por metro cúbico de agua de riego, varía entre 8,68 a 6,13 kg/m<sup>3</sup> en los tratamientos del 60 a 100% de la evapotranspiración." (León A. et al., 2016)

"Los maiceros de temporal han atenuado sus necesidades tecnológicas impulsando procesos complejos, progresivos y sostenibles para el manejo de maíz, donde combinan el uso de innovaciones milenarias y contemporáneas." (Damián M. et al., 2013)

---

Figura 2. Análisis por categoría. El gráfico muestra la información recuperada de cada artículo y agrupa aquellos con aportes similares por categorías.

En la literatura analizada se encontraron distintas estrategias sobre el uso de sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz en fincas agrícolas, las cuales se pueden agrupar en 3 categorías. La primera categoría se refiere a los factores ambientales que pueden afectar de manera negativa al cultivo de maíz, ya que existen evidencias donde intervienen la humedad, la temperatura, las precipitaciones que se dan en el medio y cómo este afecta a la reducción del ciclo del maíz en sus etapas de crecimiento, el cual puede ser más vulnerable,

al ser susceptible a estrés térmico o hídrico. Por ello los sistemas automatizados de riego están empezando a tomar en cuenta los factores ambientales para llevar una mejor gestión de las necesidades de los cultivos. A través de los sensores, estos, detectan si los niveles de temperatura o humedad afectan al cultivo y toman acciones necesarias para tratar de normalizar estos niveles ofreciéndole al cultivo condiciones óptimas para su crecimiento. (Rojas D. et al., 2019; Ojeda W. et al., 2010; Flores H. et al., 2013; Iñiguez M. et al., 2013; Terrazas L. et al., 2010; Reyes G. et al., 2018; García M., 2010)

En la segunda categoría se referencia a los diferentes resultados que se obtienen con el uso de fertilizantes para mejorar la producción del maíz. Se demostró que la aplicación de estas sustancias genera resultados que podemos observar en la planta y la calidad de esta, obtendremos resultados más o menos favorables. Debido a la necesidad de controlar este balance se hace uso de sistemas automatizados de riego que nos permiten administrar la cantidad de fertilizante necesario, a través canales de irrigación las plantas reciben la cantidad de nutrientes necesarios para su crecimiento acortando el tiempo que tarda la planta en llegar a su etapa de madurez, de esta manera ayuda a reducir pérdidas de los nutrientes y disminuye costos. (Mendoza C. et al., 2018; Flores H. et al., 2013; Sifuentes E. et al., 2015; Salazar J. et al., 2014; Turiján T. et al., 2012; Zermeño A. et al., 2015; Luna A. et al., 2014; Díaz E. et al., 2013; Zea J. et al., 2016)

En el factor de rendimiento del riego se nos aclara que tener un mejor manejo en el rendimiento del agua aplicado al riego del cultivo del maíz conduce a una reducción del uso de esta, ya que actualmente hay escasez de agua en el mundo siendo así un recurso muy valioso que hay que preservar. Esto nos conduciría a reducir la huella hídrica en el riego de los cultivos sembrados. Por esa razón, se están implementado los sistemas de riego

automatizados que permiten hacer un uso controlado del agua, llegando a tener un gran impacto económico en los ingresos netos medios y obteniendo mayor productividad a diferencia de los sistemas de riego tradicionales; en consecuencia, los maiceros han mejorado los procesos complejos, progresivos y sostenibles que requiere el riego del maíz. (Oyarzun M., 2010; Guerrero y Florián, 2013; González F. et al., 2013; Peinado V. et al., 2014; Anadón R. et al., 2010; Zapata N. et al., 2012; Giménez L., 2012; Vázquez M. et al., 2018; Álvarez A., 2017; Vaz y Leyva, 2015; Aguirre y Meza, 2011; Fuentes L., 2011; Alvarez A. et al., 2016; Jiménez y Isidoro, 2012; Leopoldo G. et al., 2014; Zapata N. et al., 2017; Montemayor J. et al., 2016; Flores y Ortega, 2015; Parada y Carrillo, 2014; León A. et al., 2016; Damián M. et al., 2013)

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La revisión sistemática realizada para el presente trabajo obtuvo como resultado un total de 33 artículos y 4 tesis, a través de los cuales pudimos observar el efecto que tienen los sistemas automatizados de riego en los cultivos de maíz en fincas agrícolas.

En las características de estudio que se muestran en la tabla 1, podemos observar que un 81% (30 documentos), fueron artículos de revista, mientras que el resto, listados de manera descendente, fueron tesis y artículos científicos. De igual manera el año en que se realizaron más publicaciones fueron los años 2013 (19%), 2014 (14%) y 2010 (14%). Asimismo, se observa que la revista que ha publicado más investigaciones sobre el tema de estudio fue la Revista Mexicana de ciencias agrícolas con un total de 5 publicaciones.

De acuerdo con la clasificación de las investigaciones por categoría, se concluyó que los estudios correspondientes a la categoría “Factores ambientales en el cultivo”, se enfocan en el impacto de las condiciones ambientales y cómo los sistemas automatizados de riego están tomándolos en cuenta al momento de cultivar el maíz. Por otro lado, las investigaciones pertenecientes a la categoría “Uso de Fertilizantes” establecen que los sistemas de riego automatizados son bastantes factibles para reducir la huella hídrica con un mejor manejo del agua y de fertilizantes. De igual forma, los estudios de la categoría del “Rendimiento del riego” demuestran que es factible mejorar el rendimiento del agua aplicada al cultivo haciendo uso de sistemas automatizados.

Del análisis realizado, se puede afirmar que existen un gran número de publicaciones relacionadas a la implementación de sistemas automatizados para el cultivo de maíz a través de los años. El campo de conocimiento encontrado es amplio, preciso y desarrollado, esto está respaldado por los resultados que muestran los estudios revisados, teniendo en cuenta

que en la mayoría de las investigaciones los sistemas automatizados de riego que se probaron muestran mejoras en el uso de agua para los cultivos. De este modo podemos demostrar la importancia de usar sistemas automatizados de riego en los cultivos de maíz, enfocándonos en fincas agrícolas.

Para finalizar, algunas recomendaciones son: En futuras investigaciones se puede considerar incluir otros idiomas en el proceso de búsqueda, así como realizar la búsqueda en revistas especializadas en el tema. Asimismo, es recomendable que las tendencias encontradas puedan ser agrupadas en categorías más específicas, como el uso de fertilizantes sólidos y líquidos, o nuevas formas tecnológicas aplicables a los cultivos. Por otro lado, se recomienda buscar investigaciones que tomen en cuenta la forma de alimentar el sistema para reducir aún más los costos, debido a que la mayoría de las investigaciones no toman en cuenta el costo que requiere alimentar todo el sistema de riego lo cual puede afectar a las ganancias obtenidas de la producción del maíz.

También se recomienda que se realicen búsquedas de fuentes de energía ecológicas para alimentar el sistema, estas pueden ser energía eólica, hidráulica, solar. En último lugar se sugiere tomar en cuenta añadir nuevos sensores para el sistema de riego de manera que se esté reciba más información del estado del cultivo.

## REFERENCIAS

- Aguirre, J. L. y Meza, M. J. (2011). Diseño de un sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semilla en zamorano. *Zamorano*.
- Álvarez Arboleda, AA (2017). Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC (Título de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
- Alvarez, A., Morábito, J. y Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(1).
- Anadón, R., Zapata, N., Playán, E., Salvador, R., Cavero, J. y López, C. Prueba en el campo de un prototipo de programador automático de riego por aspersión. Comunicación C-13. El regadío: una apuesta por el desarrollo del medio rural, XXVIII Congreso Nacional de Riegos, León, 2010.
- Damián Huato, M. A., Cruz Leon, A., Ramirez Valverde, B., Romero Arenas, O., Moreno Limón, S. y Reyes Muro, L. (2013). Maíz, alimentación y productividad: modelo tecnológico para productores de temporal de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(2), 157-176.
- Díaz López, E., Loeza Corte, J. M., Campos Pastelín, J. M., Morales Rosales, E. J., Domínguez López, A. y Franco Mora, O. (2013). Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 47(2), 135-146.
- Flores Gallardo, H., Ojeda Bustamante, W., Flores Magdaleno, H., Sifuentes Ibarra, E. y Mejía Saénz, E. (2013). Simulación del rendimiento de Maíz (*Zea mays* L.) en el norte de Sinaloa usando el modelo Aquacrop. *Agrociencia*, 47(4), 347-359.
- Flores Gallardo, H., Sifuentes Ibarra, E., Flores Magdaleno, H., Ojeda Bustamante, W. y Ramos García, C. R. (2013). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252.
- Fuentes Portillo L. Y. (2011). Estrategia productiva y económica de agricultores de pequeña escala de acuerdo al sistema de riego utilizado: El caso de Honduras (Título de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- García Petillo, M. (2010). Análisis crítico del método de riego por goteo en las condiciones del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 14(1), 36-43.

- Génova, L. J., Andreau, R. y Etchevers, P. (2014). Desempeño de tres métodos de riego de maíz por surcos: caudal único, dos caudales y caudal discontinuo. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 113(2), 174-191.
- Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia Uruguay*, 16(2), 92-102.
- González Robaina, F., Herrera Puebla, C. J., López Seijas, C. T. y Cid Lazo, C. G. (2013). Funciones agua rendimiento para 14 cultivos agrícolas en condiciones del sur de La Habana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(3), 5–11.
- Guerrero, A. y Florián, J. (2013). Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca baja del río Jequetepeque (La Libertad, Perú). *Revista de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú. REBIOL*, 33(1), 1-17.
- Hernández, A. F. y Hernández, A. O. (2015). Sistema de instrumentación eficiente para cultivos de producción controlada a través de un sistema de gestión rentable. *JÓVENES INVESTIGADORES*, 1(3), 31-35.
- Íñiguez Covarrubias, M., Ojeda Bustamante, W., Díaz Delgado, C. y Sifuentes Ibarra, E. (2013). Análisis de cuatro variables del período de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(1), 101-114.
- Jiménez Aguirre, M. T. y Isidoro Ramírez, D. (2012). Efectos de la modernización de la Comunidad de Regantes de Almudéver (Huesca) sobre el cultivo del maíz. *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA-DGA)*.
- León, Á., Arzube, M. y Ramírez, L. (2016). Efecto de variante de riego en la producción de maíz (*zea mays* l.) En la Comuna Río Verde, cantón Santa Elena, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(2), 100-104.
- Luna, A. D., García, M., Rodríguez, E., Vázquez, J. y Rodríguez, E. (2014). Impacto Económico de la Agricultura Orgánica en comparativo con la Agricultura Tradicional en el cultivo del Maíz. Universidad de Guadalajara. *Ecorfan*.
- Mendoza Pérez, C., Ramírez Ayala, C., Flores Magdaleno, H., Sifuentes Ibarra, E. y Macías Cervantes, J. (2018). Uso de programa Irrimodel para la programación de riego por goteo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*, 11(1), 49–55.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & Prisma Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>



- Montemayor Trejo, J. A., Munguía López, J., Segura Castruita, M. Á., Yescas Coronado, P., Orozco Vidal, J. A., Reza, W. y Luis, J. (2016). La regresión lineal en la evaluación de variables de ingeniería de riego agrícola y del cultivo de maíz forrajero. *Acta universitaria*, 27(1), 40-44.
- Ojeda Bustamante, W., Sifuentes Ibarra, E., Íñiguez Covarrubias, M. y Montero Martínez, M. J. (2010). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45(1), 1-11.
- Oyarzun Arrechea, M. (2010). Respuesta productiva de un cultivo de maíz ("Zea mays" L. Var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos. (Título de pregrado). Universidad pública de Navarra, España.
- Parada, J. y Carrillo, J. (2014). Automatización de sistemas de riego: estrategias de control a través de dispositivos móviles. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, (1), 138-160.
- Peinado Guevara, V. M., Peinado Guevara, H. J., Campista León, S. y Delgado Rodríguez, O. (2015). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 23(46), 113-136.
- Reyes Anistro, G. I., Adame Martínez, S. y Cadena Vargas, E. (2018). Vulnerabilidad ante la variabilidad climática en los cultivos de maíz Zea mays. *Sociedad y ambiente*, (17), 93-113.
- Rojas Andrade, D. A. y Castellanos Gonzalez, J. N. (2019). Diseño de un sistema de riego automatizado para el Parque Nacional Galápagos usando energía renovable (Título de pregrado). Universidad de las Américas, Perú.
- Rueda, M. G. V., Reyes, M. I., García, F. G. F. y Casillas, H. A. M. (2018). Redes neuronales aplicadas al control de riego usando instrumentación y análisis de imágenes para un micro-invernadero aplicado al cultivo de Albahaca. *Research in Computing Science*, 147, 93-103.
- Salazar Martínez, J., Rivera Figueroa, C. H., Arévalo Gallegos, S., Guevara Escobar, A., Malda Barrera, G. y Rascón-Cruz, Q. (2014). Calidad del nixtamal y su relación con el ambiente de cultivo del maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(1), 67-73.
- Sifuentes Ibarra, E., Macías Cervantes, J., Islas, R., del Rosario, J., Preciado Rangel, P., Ojeda Bustamante, W., ...Samaniego Gaxiola, J. A. (2015). Mejoramiento del grado de uso del nitrógeno en maíz mediante técnicas parcelarias de riego por superficie. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1903-1914.

- Terrazas Mendoza, L., Nikolskii Gavrilov, I., Herrera Gómez, S. S., Castillo Álvarez, M. y Exebio-García, A. A. (2010). Alteración de la fertilidad del suelo, y vulnerabilidad de maíz y trigo bajo riego debido al cambio climático. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), 87-102.
- Turiján Altamirano, T., Damián Huato, M. Á., Ramírez Valverde, B., Juárez Sánchez, J. P. y Estrella Chulín, N. (2012). Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1085-1100.
- Vaz Pereira, D. J. y Leyva Galán, Á. (2015). El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) dentro del sector agrario de Huambo-Angola. Parte I. Indicadores determinantes hacia la sostenibilidad. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 153-158.
- Zapata Ruiz, N., Anadón Herrera, R., Salvador Esteban, R., Cavero Campo, J., Lecina Brau, S. y Playán Jubillar, E. (2012). Autoprogramadores para coberturas de riego por aspersión. *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón*.
- Zapata, N., Robles, O., Cavero, J. y Playán, E. (2017). Análisis del riego por aspersión a baja presión en un cultivo de maíz. *Tierras Castilla y León. Agric*, 253, 68-75.
- Zea, J. L., Osorio, M. y Bolaños, J. (2016). Uso de rastrojo de maíz como cobertura superficial y sus implicaciones en la economía del nitrógeno en el cultivo de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 85-89.
- Zermeño González, A., Cárdenas Palomo, J. O., Ramírez Rodríguez, H., Benavides Mendoza, A., Cadena Zapata, M. y Campos Magaña, S. G. (2015). Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE12), 2399-2408.

El formato de la tesis, las citas y las referencias se harán de acuerdo con el Manual de Publicaciones de la American Psychological Association sexta edición, los cuales se encuentran disponibles en todos los Centros de Información de UPN, bajo la siguiente referencia:

**Código:** 808.06615 APA/D

También se puede consultar la siguiente página web:

<http://www.apastyle.org/learn/tutorials/index.aspx>

En los trabajos de investigación de la Facultad de Salud, se podrá utilizar el estilo de cita Vancouver.

## ANEXOS