

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y MANEJO DE SISTEMAS DE RIEGOS EN LA
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

POR:

JOSÉ NOÉ RODRÍGUEZ MORALES

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO



CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2024

**PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y MANEJO DE SISTEMAS DE RIEGOS EN LA
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA**

POR:

JOSÉ NOÉ RODRÍGUEZ MORALES

EDUARDO ARIEL CASTRO BLANDIN, M. Sc

Asesor principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADO A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

El estudiante **JOSÉ NOÉ RODRÍGUEZ MORALES** del V Año de Ingeniería Agronómica presentó su informe intitulado:

**“PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y MANEJO DE SISTEMA DE RIEGOS EN LA
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA”**

El cual, a criterio de los evaluadores, **APROBÓ** el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los veinte días del mes de junio del año dos mil veinticuatro.

M.Sc. EDUARDO CASTRO

Asesor Principal

M.Sc. RENE CÁCERES

Asesor Auxiliar

M.Sc. ADRIAN REYES

Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A **DIOS** por darme su protección, por permitirme alcanzar este punto en mi vida. Me ha otorgado sabiduría y salud para superar desafíos, acompañándome en cada instante, colmando mi existencia de innumerables alegrías. Gracias, mi Dios, por impulsarme a perseguir mis sueños.

Agradezco profundamente a mis padres, **JOSÉ NOÉ RODRÍGUEZ LÓPEZ** y **ORISELA MORALES MEJÍA**, por su inquebrantable apoyo en cada etapa de mi vida, por ser ejemplares padres, inculcándome valores que han forjado mi carácter, permitiendo llegar hasta este punto.

A mi hermana **SEYLA RODRÍGUEZ MORALES**, por ser mi apoyo incondicional en innumerables momentos de mi vida, por sus sabios consejos, y su constante motivación para crecer como persona.

Mi profundo agradecimiento a **ELVIN TURCIOS** y **VANESSA CARIAS** por su ayuda, que han sido invaluable, siempre me han demostrado su cariño, estando a mi lado, ofreciéndome consejos sabios y motivándome a seguir adelante sin rendirme.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por permitir que este sueño este hecho casi realidad y estar conmigo en todo momento, por darme sabiduría, alegría, salud, por cuidar de mi en todo momento.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, mi alma mater, por enseñarme lo que es el trabajo y compromiso, por su excelencia en la formación de profesionales en el sector agrario, por la oportunidad que me ha brindado para formarme como profesional contribuyéndome a mi desarrollo persona.

A mis asesores; **EDUARDO ARIEL CASTRO BLANDIN, RENÉ CÁCERES y ADRIAN REYES**, por brindarme su apoyo a lo largo de mi práctica profesional supervisada.

Agradezco enormemente a mi asesor **JOSE MARÍA TARJUELO MARTÍN-BENITO** por ayudarme en todo momento, brindarme siempre su apoyo, y por darme su confianza para poder realizar todas las actividades a lo largo de mi PPS.

A las personas que conforman el **CREA**; **JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ LÓPEZ, HIGINIO MARTÍNEZ LÓPEZ, JOSÉ JESÚS PARDO DESCAZO, JOSÉ EMÉRITO GÓMEZ ALARCON, JAVIER, ALFONSO Y JOSÉ MARÍA TARJUELO MARTIN-BENITO**, por darme la oportunidad de poder realizar mi práctica profesional supervisada, brindando siempre su ayuda.

A **LINDA GISSEL TURCIOS CARIAS** por apoyarme en mis sueños, estando presente en momentos importantes de mi vida, acompañarme en momentos difíciles, motivándome a ser

una mejor persona e impulsarme a querer seguir creciendo, y por ser esa amiga que me aconseja cada día estando incondicionalmente para mí.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Riego por aspersión	4
3.2 Riegos por microaspersión.....	4
3.3 Riego localizado.	5
3.4 CREA (Centro Regional de Estudios del Agua).....	5
3.5 Cálculo de las demandas hídricas de los cultivos	6
3.6 Modelo de optimización económica del agua de riego (MOPECO)	7
IV. MATERIALES Y MÉTODO	11
4.1 Localización.....	11
4.2 Descripción del lugar	12
4.3 Materiales.....	12
4.4 Metodología	13
4.4.1 Método	13
4.4.1.1 Fase de preparación motivación y disposición física.....	13
4.4.1.2 Fase de explicación de las actividades.....	14
4.4.1.3 Fase de inducción y demostración de las actividades a realizar:	14
4.4.1.4 Fase de actuación supervisada	14
4.5 Desarrollo de actividades.....	14
4.5.1 Evaluación del terreno.....	15
4.5.2 Muestreo de suelo.....	15
4.5.3 Preparación del terreno.....	15

4.5.4	Fertilización.....	16
4.5.5	Siembra.....	16
4.5.6	Control de malezas	17
4.5.7	Instalación de sistema de riego.....	18
4.5.7.1	Instalación de sistema de riego por microaspersión	18
4.5.7.2	Instalación de sistema de riego por goteo	19
4.5.8	Instalación de sensores de humedad.....	19
4.5.9	Programa Retoagua	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5.1	Descripción de las áreas de trabajo.....	24
5.2	Implementación de los procesos agrícolas y riego en las parcelas demostrativas.....	26
5.2.1	Evaluación del terreno.....	26
5.2.2	Muestreo de suelo.....	27
5.2.3	Preparación del terreno.....	29
5.2.4	Fertilización.....	30
5.2.4.1	Fertirrigación	32
5.2.5	Siembra:	32
5.2.6	Control de malezas:	34
5.2.7	Instalación de malla para el control de conejos.....	35
5.2.8	Instalación de sistemas de riego por microaspersión:	36
5.2.9	Instalación de sistema de riego por goteo	38
5.2.9.1	Instalación de riego por goteo subterráneo	39
5.2.10	Instalación de sensores de humedad.....	40
5.2.11	Operaciones y mantenimiento	42
VI.	CONCLUSIONES.....	43
VII.	RECOMENDACIONES.....	44
VIII.	BIBLIOGRAFÍAS.....	45
ANEXOS		50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo MOPECO.....	10
Figura 2. Ubicación geográfica del CREA que es la imagen del lado Izquierdo y el campo de practica CIFP, la imagen del lado derecho.	11
Figura 3. Instalaciones del CREA.	24
Figura 4. Áreas donde se desarrollaron las actividades agrícolas	25
Figura 5. Croquis del diseño experimental en el cultivo de ajo.....	41
Figura 6. Croquis del diseño experimental en las parcelas de cebada.....	41
Figura 7. Croquis del cultivo de adormidera	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Muestreo de suelo con barrena de motor.	50
Anexo 2. Pase de rulo	50
Anexo 3. Ajos listos para la siembra.	51
Anexo 4. Medición y siembra mecanizada en adormidera.	51
Anexo 5. Aplicación de herbicida en el ajo	52
Anexo 6. Aplicación de herbicida en cultivo de adormidera.	52
Anexo 7. Materiales para la instalación de sistema de riego.	53
Anexo 8. Estanque y caseta donde se encuentra la bomba	53
Anexo 9. Instalación de sistema de riego por microaspersión en ajo.	54
Anexo 10. Instalación de sistema por goteo en ajo.....	54
Anexo 11. Prueba de sistema de riego por goteo en almendros	55
Anexo 12. Conecte de los ramales en la instalación de riego subterráneo en el cultivo de almendro y pistacho.....	55
Anexo 13. Instalación de sensores de humedad.....	56

Rodríguez Morales, J. (2024). Producción agrícola y manejo de sistemas de riegos en la universidad de castilla-la mancha, Albacete, España, PPS, Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. Pág. 71

RESUMEN

La práctica profesional supervisada se realizó en la Universidad de Castilla-La Mancha, ubicado en el municipio de Albacete, España, con el objetivo de caracterizar los procesos agrícolas en la que se empleó una metodología activa/demostrativa para lo que se hizo un reconocimiento de todas las áreas de trabajo y se llevaron a cabo la implementación de los procesos, como, la preparación del terreno, instalación de sistemas de riego, fertilización, siembra y control de malezas, proporcionando un aprendizaje práctico y colaborativo; la instalación de sistema de riego es una de las etapas más destacadas, donde el Centro Regional de Estudios del Agua ejecuto una correcta instalación de cada uno, en la que se implementaron instalaciones de riego localizado y riego por microaspersión en cultivos herbáceos y leñosos; asimismo se enfatiza la importancia de la fertilización, donde se hicieron aplicaciones de fertilizantes al suelo en las áreas cultivadas; como, la aplicación de 496 Kg.ha-1 del fertilizante 12-12-17 en el área donde se estableció el cultivo de ajo. En las parcelas demostrativas de la UCLM, se implementaron procesos agrícolas que fueron ejecutados meticulosamente para asegurar una gestión óptima del suelo y un crecimiento saludable de los cultivos, destacando su eficiencia y precisión; donde se sugiere aplicar estas técnicas utilizadas, en la Universidad Nacional de Agricultura, fomentando al estudiantado la importancia de usar sensores de humedad en los cultivos para conocer el comportamiento del agua en el suelo y así poder lograr un buen manejo de los sistemas de riego.

Palabras clave: Procesos agrícolas, CREA, sistema de riego, rendimiento optimo, eficiencia.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel esencial en la subsistencia humana, siendo la principal proveedora de alimentos a nivel global; en el período comprendido entre los años 2000 y 2021, la producción mundial de cultivos experimentó un incremento del 54%, alcanzando la cifra significativa de 9.500 millones de toneladas, representando un aumento del 2% en comparación con el año 2020, este incremento se traduce en un aumento de 3.300 millones de toneladas en relación con las cifras registradas en el año 2000 (FAO 2023).

No obstante, a pesar de estos logros en términos de producción, la estabilidad y sostenibilidad de la producción agrícola se ven amenazadas por el cambio climático. Este fenómeno consiste en el aumento de la temperatura produciendo efectos adversos como, precipitaciones y temperaturas cambiantes, brotes de plagas y enfermedades, variaciones en los patrones de lluvias aumentando el riesgo de fallos en las cosechas a corto plazo y de una disminución sostenida en la producción a largo plazo. A pesar de que algunas regiones y cultivos puedan experimentar beneficios localizados, en términos generales se anticipa que los impactos del cambio climático tendrán consecuencias adversas para la agricultura, poniendo en peligro la seguridad alimentaria a nivel mundial (Gerald *et al.* 2009).

Para garantizar que los cultivos expresen todo su potencial productivo es necesario adoptar métodos agrícolas para poder producir, como el uso de técnicas de riegos para aprovechar mejor los recursos hídricos y tener excelentes rendimientos en los cultivos y así poder implementar estas estrategias en otras regiones.

Los sistemas de riegos cada año son más utilizados, en donde las tecnologías ayudan a que estos sean más precisos cada vez, en la actualidad existen diversos programas de riegos que se implementan en diferentes partes del mundo que ayudan a facilitar información, algunas de estas calculan las necesidades de riegos en cultivos herbáceos con técnicas de riegos controlados, lo que hacen que estos sistemas de irrigación sean óptimos, lo que contribuye a que la producción sea mejor.

En vista de las proyecciones demográficas, se estima que para el año 2050 la población mundial alcanzará los 9.000 millones de habitantes, generando una demanda significativa de alimentos con estándares superiores de calidad. Es imperativo considerar que enfrentar este desafío requerirá gestionar la producción alimentaria con una disponibilidad de tierras cultivables y recursos hídricos equiparable a la situación actual. Lo que obligará a ser más eficientes con el recurso agua al momento de utilizarlo, y darles mayor relevancia a los sistemas de riego para garantizar una salida a esta problemática (Angella 2017).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Caracterización de los procesos agrícolas y riego en el Centro de Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha en Albacete, España, mediante el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis de datos, con el fin de optimizar la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas agrícolas en la región.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las áreas agrícolas del centro de investigación de la universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) a través de la participación activa en las actividades que se lleven a cabo.
- Ejecutar los procesos agrícolas y riego en las parcelas demostrativas del centro de investigación de la UCLM a través de prácticas de campo.
- Examinar los procesos agrícolas y riego de la UCLM, mediante la recopilación y evaluación de datos.

III.REVISION DE LITERATURA

3.1 Riego por aspersión

El riego por aspersión es el método que se caracteriza por simular la acción de la lluvia al distribuir el agua en forma de gotas uniformes mediante el uso de aspersores, este proceso se logra mediante el fraccionamiento del chorro de agua en numerosas gotas dispersándolas en el aire, efectivamente esto se produce gracias al flujo de agua bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. (Tumiri 2019).

3.2 Riegos por microaspersión.

Los sistemas de riego por microaspersión consisten en un conjunto de elementos apropiadamente diseñados o seleccionados que son instalados en campo, para proveer agua a presión a un cultivo de una manera controlada, poseen una gran relevancia ya que este sistema de riego permite conducir agua mediante una red de tuberías para aplicarla a los cultivos a través de emisores o comúnmente llamados microaspersores que entregan volúmenes de agua de forma periódica. Consisten de varios componentes como la fuente de abastecimiento de agua, cabezal principal, tuberías de conducción principales, tuberías terciarias y las secundarias, la principal condición es que el equipo se diseñe correctamente tanto desde el punto de vista agronómico como del hidráulico para una correcta operación del sistema (Bermeo 2020).

3.3 Riego localizado.

También llamado "riego gota a gota" es un método que consiste en la aplicación de agua al suelo en pequeñas cantidades con una frecuencia elevada, esta práctica evita fluctuaciones significativas en la humedad del suelo, manteniendo niveles de agua relativamente constantes; además, la aplicación continua de agua en dosis pequeñas crea condiciones óptimas para que las plantas la absorban eficientemente (Martin y Abel 2019).

Los métodos de riego localizado permiten suministrar agua y fertilizantes de forma controlada la distribución del agua en el suelo, con este tipo de sistema se eliminan las pérdidas por conducción, debido a que el agua se transporta por tubería hasta la planta y así se reducen las pérdidas por infiltración, teniendo de un 90 a 95% de eficiencia, así como mayor área de cobertura bajo riego, también hay menor presencia de malezas (Liotta 2015).

3.4 CREA (Centro Regional de Estudios del Agua)

El Centro Universitario de Investigación y Desarrollo, establecido en 2001 como una entidad dependiente de la Universidad de Castilla-La Mancha, se dedica a abordar diversas problemáticas relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua. Su misión principal, materializada a través de diversas actividades, es fomentar un mayor conocimiento y aplicación eficiente de los recursos hídricos. Entre las destacadas iniciativas del CREA se encuentran la promoción y ejecución de estudios y proyectos de investigación, la realización de actividades docentes tanto en formación básica como especializada, la provisión de apoyo y asesoramiento científico y técnico a instituciones públicas y privadas, así como la creación y mantenimiento de un fondo bibliográfico y documental especializado. (CREA 2020).

3.5 Cálculo de las demandas hídricas de los cultivos

Este proceso se hace apoyándose de una aplicación web llamada (SIARPR) que calcula las necesidades hídricas de un cultivo utilizando datos climáticos obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología y de la red de estaciones SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Los resultados que se obtienen son el consumo del cultivo, la precipitación, la previsión de consumo los siguientes 7 días y una simulación del ciclo del cultivo basada en datos climáticos de un año típico (CREA 2020).

En el ámbito de la transferencia de información sobre programación de riegos a agricultores, los Sistemas de Asesoramiento al Regante (SAR) basados en estaciones de la red del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR) son esenciales. Proporcionan estimaciones de consumos de los principales cultivos mediante información web, siendo un método rápido y económico. La demanda de datos actualizados y previsiones de consumos futuros ha aumentado, especialmente para información específica de parcelas, adaptada a sistemas de riego y de fácil acceso, impulsando el uso de aplicaciones móviles (Martínez et al. s. f.).

CLM cuenta con un SAR (SIARCLM) desde 1999, evolucionando de informes impresos a servicios online más avanzados. A partir de 2018, se busca fortalecer el servicio online respondiendo a la demanda de información diaria actualizada y previsiones a corto plazo, desarrollando un programa para la programación de riegos en cultivos herbáceos, validado para ellos. Sin embargo, aún no se abordaba la programación de riegos para cultivos leñosos, esenciales en la región. La incorporación de técnicas de RDC se vuelve crucial debido a las limitadas dotaciones de agua de riego. El programa debe ser fiable, versátil y fácil de usar para su efectiva transferencia (Martínez et al. s. f.).

3.6 Modelo de optimización económica del agua de riego (MOPECO)

El modelo se ideó con el objetivo de aumentar al máximo el beneficio económico de las actividades agrícolas de regadío. Esto se logra mediante la optimización tanto del volumen de agua disponible como de la superficie utilizable. El modelo ajusta la cantidad de agua requerida por cada cultivo, creando un déficit global para todo el ciclo y tipo de cultivo. De esta manera, se busca maximizar la rentabilidad a nivel de la explotación agrícola.

El modelo tiene la capacidad de generar una variedad considerable de resultados que pueden resultar valiosos tanto para agricultores, técnicos e investigadores. Estos resultados incluyen, entre otros, programaciones de riego, funciones que relacionan el riego con el margen bruto, funciones que vinculan el margen bruto con el riego, así como la evaluación del riesgo asociado a la obtención de un determinado margen bruto. Todo esto se realiza en diversos escenarios, considerando factores como el Coeficiente de Uniformidad (CU) del sistema de riego y la utilización de agua salina. Este modelo busca ser especialmente beneficioso en la gestión de áreas cultivables que enfrentan desafíos de escasez de agua para riego.

El modelo se fundamenta en las técnicas de la FAO – 33 (Doorenbos y Kassam, 1979) y la FAO – 56 (Allen et al., 1998) para llevar a cabo una evaluación diaria del agua mediante la Ecuación 1. En este enfoque, el suelo se segmenta en tres profundidades distintas: una ocupada por las raíces, otra que no está ocupada por las raíces pero que se ocupará en etapas posteriores del desarrollo del cultivo, y una tercera que permanece desocupada durante todo el ciclo del cultivo. El cálculo del balance de agua se realiza para las dos primeras zonas mediante las ecuaciones 1 y 2. (Domínguez et al. s. f. 2018).

$$WCr_j = WCr_{j,-1} + R_i + IW_i + GW_i - ET_{a1} - PW_i \quad (1)$$

$$WCG_i = WCG_{i,-1} + PWr_i - GW_i - PWg_i \quad (2)$$

Donde W_{cr} y W_{cg} representan los niveles de agua en la zona de raíces (zona 1) y en la región que será ocupada por las raíces al final del crecimiento del cultivo (zona 2), respectivamente. R se refiere a la precipitación efectiva en milímetros, I_w (agua de riego) indica la cantidad de agua suministrada por el sistema de riego en milímetros, GW representa el agua proporcionada o almacenada en capas más profundas del suelo que estará disponible a medida que avance el desarrollo del cultivo, en milímetros. Por último, P_{wr} y P_{wg} son las láminas de agua perdidas debido a la percolación, tanto en la zona de raíces como en la zona no radicular, respectivamente.

Esta metodología nos da una aproximación diaria de las necesidades hídricas de la planta, así como una idea de las posibles pérdidas por percolación.

La evapotranspiración diaria se calcula según la ecuación 3

$$ET_m = K_c ET_o \quad (3)$$

Se utilizan como coeficientes de cultivo K_c , ya sea los recomendados por FAO 56 o aquellos ajustados específicamente para la región. Este coeficiente también varía en función de la etapa fenológica del cultivo, la cual está definida de acuerdo con la escala Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH) (Bleiholder et al., 2001).

La duración de estas etapas fenológicas se establece de acuerdo con la metodología de Grados Día Acumulados (GDD) calculados a través del método del triángulo doble (Sevacherian et al. 1977) para determinar la duración en GDD de cada etapa, el cual requiere de la temperatura umbral mínima para el desarrollo (T_L) y de la temperatura umbral máxima a la que la tasa de desarrollo comienza a disminuir (T_U).

La capacidad evapotranspirativa del cultivo está directamente relacionada con el contenido de agua en la zona radicular, si el contenido de agua es mayor que el Nivel de Agotamiento Permissible (NAP), definido como la fracción del Agua Disponible Total que el cultivo puede extraer sin sufrir estrés hídrico si el cultivo no está sometido a condiciones de estrés. De acuerdo con Allen et al., (1998) la evapotranspiración bajo condiciones de estrés hídrico puede ser estimada según la ecuación 4.

Si $TAW - D_r \geq (1 - p) TAW$; entonces $ET_a = ET_m$ (4)

$$\text{Entonces, : } ET_a = \frac{TAW - D_r}{(1 - p) TAW} ET_m$$

Donde D_r es el nivel de agotamiento en la zona radicular, entonces si el Agua Total Disponible (TAW) menos el D_r es mayor que el NAP por el Agua Total Disponible, la evapotranspiración del cultivo E_a es igual a la Evapotranspiración máxima (ET_m) ya que el cultivo no está en condiciones de estrés.

Una vez descrita a la metodología en la que se basa, los datos necesarios para llevar a cabo el balance de agua son:

- Datos de suelo: textura, profundidad de suelo que puede ser explorada por las raíces, % de pedregosidad (ya que disminuye la capacidad de almacenamiento del suelo)
- Datos climáticos: la evapotranspiración de referencia calculada a partir de la ecuación de FAO 56 Penman Monteith, datos de precipitación y precipitación
- efectiva la cual es estimada usando la metodología USDA del número de curva (SCS, 1972; NRCS, 2004),

- Además, el modelo considera una primera aproximación de los datos climáticos para todo el ciclo de cultivo usando la metodología del Año Meteorológico Típico, calculado a partir de la serie climática disponible
- Información del sistema de riego: para lo que se requiere una evaluación del mismo, para conocer la cantidad de agua aplicada por el sistema, y la uniformidad del mismo además de para determinar posibles problemas.
- La herramienta en línea utilizada para llevar a cabo las simulaciones se encuentra accesible a través de la dirección del proyecto SUPROMED (dss.supromed.eu), donde se puede acceder al modelo MOPECO de programación de riegos donde se necesita hacer un registro.

Esta herramienta se presenta como muy beneficiosa tanto para el agricultor como para el profesional técnico, ya que, al considerar la información climática actual de las estaciones del SIAR y prever los próximos 7 días con los datos de la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), puede proporcionar con precisión las demandas de riego del cultivo, teniendo en cuenta las características del sistema de riego de la parcela.

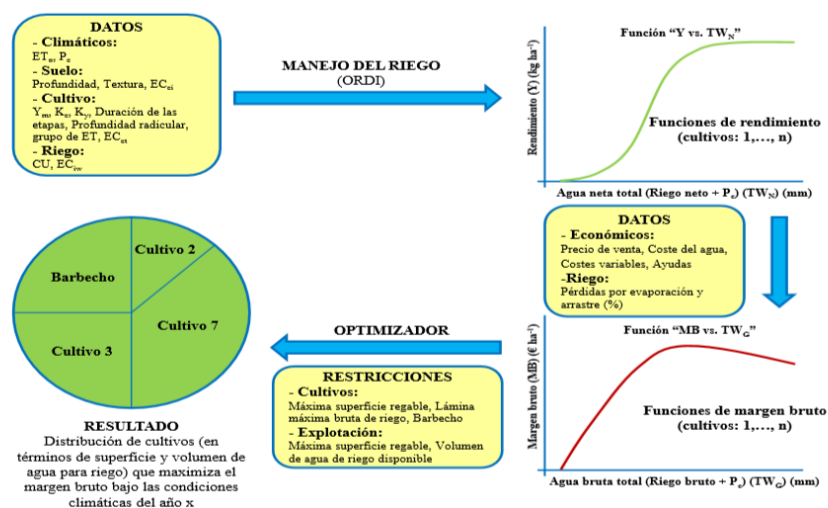


Figura 1. Modelo MOPECO

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización

La práctica Profesional Supervisada se llevó a cabo en el centro de investigación de la Universidad de Castilla–La Mancha, situado en Albacete, España, específicamente en el camino de la Malanoche en el km3, 02006 Albacete, con coordenadas de latitud 38.958908 y longitud -1.879004. Y en el campo de práctica del Centro Integrado de Formación Profesional (CIFP) Aguas Nuevas, también en Albacete, Castilla-La Mancha, España, cuyas coordenadas geográficas son 38°57'00.2"N 1°54'03.1"W (Google Maps. Albacete 2019).



Figura 2. Ubicación geográfica del CREA que es la imagen del lado Izquierdo y el campo de practica CIFP, la imagen del lado derecho.

4.2 Descripción del lugar

En Albacete, los veranos se caracterizan por ser cortos, cálidos y mayormente despejados, mientras que los inviernos son prolongados, con temperaturas bajas, con vientos y cielos parcialmente nublados. El clima se mantiene seco a lo largo de todo el año. Las temperaturas suelen oscilar entre los 0 °C y los 33 °C a lo largo del año, siendo poco común que desciendan por debajo de los -5 °C o que superen los 37 °C. Este lugar se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 686 m (Weather Spark 2024).

La universidad dispone del edificio de Ingenieros Agrónomos, llamado Manuel Alonzo Peña, el cual consta de cinco módulos destinados a despachos, laboratorios, seminarios y áreas comunes. Este edificio abarca una superficie total de 5.000 m², además de contar con un aulario de 2.000 m² distribuido en dos plantas. (UCLM 2022).

En las afueras de Albacete, a 3,2 km de la ciudad, se encuentra el campo de prácticas de la ETSIAMB (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes). Este complejo alberga una serie de edificaciones e infraestructuras dedicadas a la enseñanza e investigación en el ámbito agrario (UCLM 2022).

4.3 Materiales

Para ejecutar la práctica profesional supervisada se necesitaron materiales como: sierra, soplete, guantes, botas, vehículo, equipo para riego como; mangueras, aspersores, cintas para tubería, codos para tubería, se necesitará un ordenador PC, libreta de campo, navaja, equipo para la extracción de muestras de suelo.

4.4 Metodología

La práctica profesional supervisada tuvo lugar en los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2024, con una duración de 600 horas, con el objetivo de caracterizar los procesos agrícolas y riego en el centro de investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España, donde se participó en los trabajos en campo. Esto se llevó a cabo a través de la metodología activa/demostrativo, en la que hubo una comunicación enfocada en la práctica, se realizó una preparación, discusión y explicación antes de llevar a cabo las actividades en las áreas agrícolas, se trabajó en equipo para el logro de las tareas y se hizo una investigación personal antes de participar en cada trabajo, permitió adquirir conocimiento de manera proactiva (Fernández, 2009).

4.4.1 Método

Para el desarrollo de la práctica se empleó la metodología activa/demostrativo, reconocido por su enfoque práctico y comunicativo; este se llevó a cabo en las siguientes fases:

4.4.1.1 Fase de preparación motivación y disposición física

Se realizó un recorrido por todas las áreas en las que se trabajó a lo largo de la pps, donde se conocieron las instalaciones del Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) y se socializó con miembros de dicho departamento, quienes fueron los encargados de evaluar diariamente el desempeño en las tareas realizadas y de los conocimientos adquiridos, ellos brindaron charlas de inducción, explicando todos los trabajos que realizan en los campos agrícolas.

4.4.1.2 Fase de explicación de las actividades

Los miembros del Centro Regional de Estudio del agua (CREA) brindaron una explicación detallada de todas las actividades que se realizaron, asimismo se discutió en equipo los trabajos que se ejecutaron, donde hablaron de todos los métodos que utilizan para la instalación de sistema de riegos y manejos que realizan en cultivos herbáceos y leñosos.

4.4.1.3 Fase de inducción y demostración de las actividades a realizar:

Los miembros del CREA explicaron cada actividad que se realizó, en la que proporcionaron una serie de alineamientos a seguir; posteriormente, ellos ejecutaron primero los trabajos, demostrando como se tenía que hacer.

4.4.1.4 Fase de actuación supervisada

Se participó activamente en cada proceso agrícola que se realizó, junto con el equipo del CREA, se implementaron todos los criterios técnicos para la ejecución de cada tarea de campo, donde se trabajó en la instalación de sistemas de riegos y manejo agronómico en las áreas agrícolas.

4.5 Desarrollo de actividades

Se llevo a cabo el desarrollo de actividades, como la instalación de sistemas de riegos y manejo agronómico en cultivos herbáceos y leñosos, con la finalidad de conocer los procesos agrícolas que implementa la UCLM.

4.5.1 Evaluación del terreno

Al momento de la implementación de un cultivo o la instalación de un sistema de riego es importantes la evaluación del terreno y observar la topografía que este tiene, se realiza un análisis de suelo tambien para saber las condiciones en que se encuentra; con este podemos ver la textura, estructura, porcentaje de pedregosidad, nutrientes que predominan y así se determinara qué tipo de sistema se va a implementar.

4.5.2 Muestreo de suelo.

El muestreo de suelo es una de las primeras actividades que se realizan antes de establecer un cultivo herbáceo o leñoso, en el que se pueden aplicar diferentes métodos de muestreo, como el zig zag, cuadrícula, al azar o diagonal, se tienen que marcar puntos de extracción donde se sacaran submuestras, las cuales posteriormente se colocan en una bolsa para crear una muestra representativa del área. Se debe tener cuidado en limpiar bien la barrena antes de cada nueva extracción y se evita tomar submuestras de áreas contaminadas.

Para poder realizar un muestreo se tiene que hacer los siguientes pasos: preparación del equipo, selección del sitio, marca del sitio, evitar áreas contaminadas, preparación y manejo de las herramientas, repetición del proceso, etiquetado y mantenimiento del equipo.

4.5.3 Preparación del terreno

La preparación del suelo implica realizar una serie de actividades para crear condiciones óptimas para las plantas. Consiste en una serie de pasos que pueden variar según el tipo de cultivo o el tipo de suelo. Esto incluye el empleo de maquinaria, como un subsolador para romper el terreno o un rulo para mullir el suelo y mejorar su permeabilidad.

Para la preparación del terreno se implementa una labranza primaria: Estas labores tienen como objetivo ejercer una acción física-mecánica aplicada sobre el suelo para roturarlo y removerlo. Los implementos o equipos que se utilizan para esta tarea pueden ser: arado de vertedera, arado de discos, arado de cincel y arado subsolador (Lopez, 2021).

Luego se hace una labranza secundaria: Estas se realizan con la finalidad de aplanar y eliminar todos los terrones, creando una capa permeable de unos 10 cm. Esta se realiza después de la aradura, antes de la siembra y posterior a la siembra. Los implementos que se utilizan son: Rastra de discos excéntricas, rastra de discos de doble acción, rastra rotativa, rolo desterronado (INIA, 2012).

4.5.4 Fertilización

La fertilización del suelo antes de la siembra es crucial para garantizar un crecimiento saludable y vigoroso de los cultivos. Al enriquecer el suelo con los nutrientes necesarios, se crea un entorno óptimo para que las plantas se desarrollen desde las etapas iniciales; esto no solo mejora la productividad y calidad de las cosechas, sino que también fortalece la resistencia de las plantas frente a enfermedades y condiciones adversas.

Después de la preparación del terreno, se lleva a cabo una fertilización del suelo, se realiza la aplicación de fertilizantes, como el granulado, esto se hace lo más uniforme posible de manera manual; primero se pesa el fertilizante y se echa en un embace, posteriormente se va a campo y se aplica el químico al boleó. Además del abonado al suelo, se pueden realizar aplicaciones de fertilizantes a los cultivos mediante el fertirriego.

4.5.5 Siembra

La siembra de ajo morado comienza con una adecuada preparación del terreno, donde seguidamente se hace una selección de los bulbos, estos tienen que estar sanos y de buen

tamaño, una vez seleccionados se realiza una desinfección en una solución de fungicida para prevenir enfermedades; luego, se separan los dientes de ajo sin dañar su base y se plantan a una profundidad de 3-5 cm.

Para la siembra de cebada y adormidera se debe hacer una selección y preparación de semillas, es crucial elegir semillas certificadas de cebada y tratarlas con fungicidas e insecticidas adecuados para asegurar su sanidad y vigor. Para la siembra de adormidera (*Papaver somniferum*), se deben seleccionar semillas de alta calidad y realizar un tratamiento previo si es necesario para optimizar su germinación y desarrollo.

Al momento de la siembra, la configuración de la maquinaria es importante, donde implica ajustar la sembradora según las especificaciones de las semillas, donde también se considera la profundidad y el espacio adecuado para cada una; es esencial calibrar la sembradora para asegurar una distribución uniforme de las semillas.

4.5.6 Control de malezas

El control de malezas abarca una amplia gama de métodos, que van desde técnicas mecánicas hasta químicas y culturales. En el desmalezado mecánico, se eliminan manualmente las malezas mediante herramientas como azadas, escardillos o maquinaria agrícola especializada como arados o cultivadoras. Por otro lado, el control químico implica el uso de herbicidas selectivos o no selectivos, los primeros dirigidos a ciertos tipos de plantas y los segundos capaces de dañar cualquier vegetación en contacto. Los métodos culturales, por su parte, se

basan en prácticas agronómicas como la rotación de cultivos, la siembra densa para sombrear el suelo y la aplicación de fertilizantes, que ayudan a reducir la competencia de las malezas

4.5.7 Instalación de sistema de riego

Al momento de realizar la instalación de un sistema de riego es muy importante considerar varios factores, de los cuales dependerá la eficiencia del sistema; como, la planificación, análisis detallado del área, teniendo en cuenta, el tipo de suelo, el clima, las necesidades hídricas de las plantas, la topografía, y la preparación del terreno.

Una vez que se hace un análisis minucioso, se procede a la instalación, donde se colocan las tuberías principales o terciarias. Ya una vez establecido el sistema se realizan pruebas para verificar el funcionamiento del sistema. Es indispensable hacer un programa de mantenimiento regular, esto puede incluir limpieza de filtros, reparación de fugas y el reemplazo de piezas desgastadas.

4.5.7.1 Instalación de sistema de riego por microaspersión

La instalación de un sistema de riego por microaspersión se hace siguiendo el siguiente orden: En primer lugar, se realiza la preparación de los materiales necesarios, los cuales posteriormente se trasladan al lugar de su montaje; una vez en el lugar, se procede a estirar las tuberías secundarias y conectarlas a un hidrante que viene desde la caseta donde se encuentra la bomba. Luego, se establece la conexión entre la tubería secundaria y la terciaria, una vez que se complementa la unión, se colocan ramales en las parcelas, donde posteriormente, se conectan microaspersores, finalmente, se llevan a cabo pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema.

4.5.7.2 Instalación de sistema de riego por goteo

Antes de la instalación de un sistema riego por goteo es importante hacer un análisis minucioso, se tienen que elegir los componentes adecuados como; tuberías, goteros, filtros, válvulas, accesorios, para que, al momento de la instalación contar con todos los materiales.

La instalación del sistema comienza con la colocación de tuberías principales, siguiendo el diseño planificado y asegurándose de que estén bien fijadas y libres de fugas., luego, se conectan las tuberías secundarias a las principales y se distribuyen por el área de cultivo; posteriormente, se instalan filtros y válvulas en los puntos designados y finalmente, se realizan pruebas.

4.5.8 Instalación de sensores de humedad

Los sensores de humedad son importantes ya que miden la humedad del suelo, existen distintas marcas como los Senteck de iMetos son sensores de capacitancia o FDR (Frequency Domain Reflectometry), que se basan en la medida de la constante dieléctrica del suelo la cual se relaciona con el contenido de agua en el suelo. En este caso la sonda cuenta con una serie de sensores separados 10 cm hasta una profundidad de 60 cm, interconectados entre si a través de un circuito eléctrico. Cuanto mayor sea la constante dieléctrica mayor será el contenido de agua (anexo 10).

Esta información es procesada por una tarjeta que esta incorporada en el sensor en la parte superior de la sonda, la cual se manda al datalogger que la envía a la plataforma online de donde se pueden visualizar y descargar los datos.

4.5.9 Programa Retoagua

Para poder cumplir con las metas de todo agricultor de poder hacer un riego eficiente, se recurre a ciertos programas como la herramienta RETOAGUA, la cual se desarrolló como resultado de un convenio de colaboración entre el Instituto Tecnológico Agronómico Provincial (ITAP), el Centro Regional de Estudios de Agua de la UCLM y la consejería de Agricultura, Ganadería. y Desarrollo. Esta herramienta brinda asistencia para la toma de decisiones relacionadas con el riego y la fertilización.

Con la ayuda de esta herramienta, se puede acceder a información sobre las demandas de agua en los cultivos. Proporciona un calendario detallado del desarrollo fenológico y ofrece orientación sobre el momento óptimo para el riego según las necesidades de cada cultivo. Además, permite ingresar datos relevantes como las características del suelo y los tiempos de riego, lo que contribuye significativamente al manejo eficiente del riego en las plantaciones.

Para utilizar esta aplicación, primero se accede a la plataforma RETOAGUA utilizando credenciales de usuario previamente registradas. Una vez dentro se comienza a explorar las funciones de la herramienta, inicialmente el usuario se dirige a la sección titulada "VISOR".

El programa muestra las diversas estaciones climáticas de la red SIAR, que se emplearán para recopilar datos meteorológicos necesarios en el cálculo del balance hídrico del suelo y del riego, este escogerá la estación más cercana. También allí se identifican las parcelas destinadas a la siembra de diferentes cultivos; donde posteriormente es escoge una parcela. Para comenzar, se procede a la selección de una nueva parcela a través del botón "Añadir parcela", lo que activará una búsqueda gradual en el visor "hits".

Luego se le da un nombre a la parcela seleccionada. Tras esta acción, se genera automáticamente la localización de la parcela junto con la estación climática más cercana,

acompañada de sus datos respectivos. Una vez guardados estos detalles, la parcela queda registrada y localizada para su posterior referencia.

El programa tiene apartados donde se ingresan los datos correspondientes al suelo donde se ubica la parcela. Los espacios a llenar son, la textura del suelo, la profundidad útil y el porcentaje de porosidad. Una vez completados estos espacios, se procede a guardar los cambios y se pasa a la siguiente pestaña, que se enfocará en el cultivo.

En la pestaña de cultivo y campaña, se procederá a introducir los cultivos que se planean incorporar en la parcela. Para cada temporada, el primer paso será seleccionar el cultivo específico. Una vez seleccionado el cultivo el programa proporcionará la estrategia de riego recomendado. Se presentan unas asignaciones de riego aproximadas, las cuales se calculan según las condiciones climáticas medias de un año típico en la región de Albacete, tomando en cuenta un marco y un diámetro de copa del árbol específicos.

Considerando un marco de 7 por 6 metros y un diámetro de 3.3 metros, se presentan diversas opciones de estrategias de riego deficitario, siendo seleccionadas en este caso la utilización del 70% de las necesidades máximas.

Es importante tener en cuenta que las necesidades finales podrían fluctuar en función de las condiciones climáticas reales del año. Asimismo, cualquier ajuste en el diámetro de la copa del árbol influirá en estas necesidades, pudiendo variar respecto a los valores de referencia. Se pueden guardar valores por defecto.

Tras guardar y seleccionar el cultivo añadido, la herramienta RETOAGUA generará automáticamente los estados fenológicos correspondientes. Se puede ajustar la fecha de inicio del ciclo, lo que resulta en el cálculo de cuatro etapas distintos de desarrollo fenológico.

Los ajustes de fechas o valores pueden ser modificados en la pantalla para reflejar el ciclo real. Por ejemplo, se introduce en el programa que la fecha de inicio será el 8 de febrero, entonces el programa calcula que cierta etapa del cultivo finalizará el 16 de marzo de 2024. Además, se proporcionan otras fechas relevantes, como el llenado del fruto y la fecha de recolección. Una vez que se han generado los estados fenológicos, se procede a definir las características del sistema de riego, accediendo a la pestaña "Riego".

En la sección "Riego", se procede a configurar los estados y parámetros del sistema de riego. El programa presenta valores predeterminados ajustados para diferentes estrategias de riego, pero estos pueden ser personalizados según las necesidades específicas de la parcela.

Se pueden definir valores como el intervalo máximo y mínimo entre riegos, es decir, el número máximo o mínimo de días entre cada riego. Estos ajustes pueden ser modificados y adaptados según sea necesario. En esta sección, se encuentran también valores como la dosis máxima y mínima de riego, así como la eficiencia del sistema de riego, que abarca las pérdidas por evaporación y la falta de uniformidad del sistema.

Cuando se gestiona adecuadamente un sistema de riego localizado, es posible alcanzar eficiencias que superan el 90% e incluso valores aún más altos. Además, se proporcionan datos que incluyen la distancia entre goteros, el número de ramales por línea y el caudal por gotero, lo que permite calcular la cantidad de agua descargada por hora y por árbol, así como la pluviometría del sistema (estos datos pueden ser modificados si se desea).

Posteriormente se pasa a la pestaña de configuración avanzada. En esta sección se encuentra una configuración avanzada del riego, se pueden modificar o dejar de forma predeterminada los datos, seguidamente se procede a guardar los datos de riego y se pasa a la siguiente pestaña, denominada "necesidades hídricas", donde se muestran los resultados obtenidos.

En las necesidades hídricas, se destaca una línea de color morado que indica la evolución del agua disponible en el suelo a lo largo del ciclo. Esta representación muestra cómo el agua en

el suelo disminuye gradualmente debido al consumo, y cómo aumenta cuando se produce una entrada de agua, ya sea por precipitación (representada por triángulos azules) o por riego.

Cabe destacar que, para cada estrategia específica de sistema de riego deficitario, se visualizará una línea roja que indica el límite que no se debe traspasar o descender en cuanto al nivel de agua disponible en el suelo para lograr dicha estrategia.

Además, se presenta una franja de colores como referencia: la zona naranja señala el límite, mientras que la zona verde representa una zona de confort en la que se debe mantener el nivel de agua en el suelo. Superar esta línea verde conllevaría el riesgo de percolación. El programa genera automáticamente un calendario de riego con el objetivo de mantenerse dentro de la franja verde.

En caso de un año seco, el programa aumentara la cantidad de riego, mientras que, si el año es más lluvioso, la precipitación adicional reduciría la necesidad de riego. Estos valores pueden ajustarse según las condiciones reales de la parcela utilizando la herramienta de modificaciones proporcionada.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Descripción de las áreas de trabajo

El Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), ubicado en el campo de practica ETSIAB (edificio Francisco Jareño y Alarcón), el edificio pertenece a la Universidad de Castilla La-Mancha (UCLM); este cuenta con la instalación de una granja experimental, con laboratorios de diversas especificaciones, salones audiovisuales.

El CREA tiene la siguiente distribución: Dispone de tres bodegas para almacenar los equipos y materiales utilizados en las actividades agrícolas, así como los sistemas de riego, cuenta con dos laboratorios, y varios despachos donde trabajan los miembros del equipo, el departamento también tiene acceso a salas de conferencias ubicadas en el mismo edificio de la ETSIAMB (figura 3).



Figura 3. Instalaciones del CREA.

Todas las actividades que se ejecutaron en las áreas agrícolas se hicieron en el Centro Integrado de Formación Profesional Aguas Nuevas, esta institución tiene un convenio con la UCLM donde le permiten a la universidad hacer en sus tierras actividades agronómicas con fines de investigación.

En el lugar hace mucho viento dificultando el trabajo, el área es seca, con suelos poco profundos, con una profundidad útil de 0.45 m, los suelos son franco, arena arcillosa, ideal para el uso de maquinaria agrícola, además, la topografía es plana lo que facilita la instalación de los sistemas de riego; en el sitio se encuentra instalada una estación meteorológica, un estanque de agua que sirve para dar riego a los cultivos, una caseta donde se encuentra una bomba de agua, cinco áreas donde se establecieron los cultivos herbáceos, y leñosos. (Imagen 4).

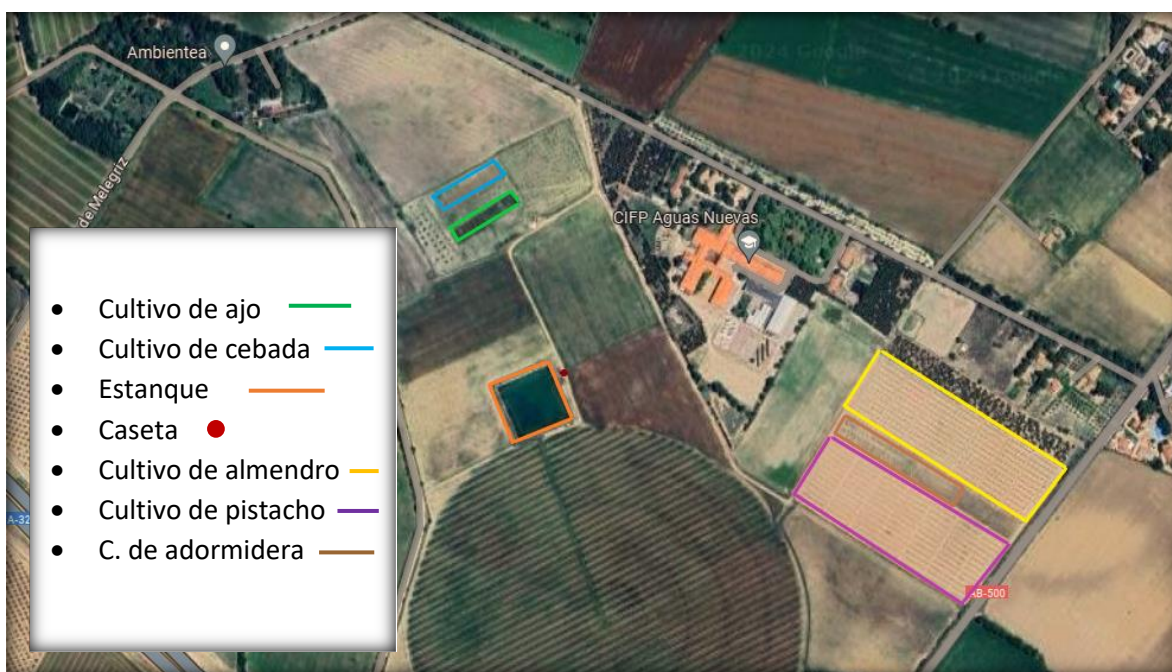


Figura 4. Áreas donde se desarrollaron las actividades agrícolas

5.2 Implementación de los procesos agrícolas y riego en las parcelas demostrativas

Los procesos agrícolas que se desarrollan en los campos de trabajo de la Universidad de Castilla La-Mancha (UCLM) implica; evaluación de terreno, muestreo de suelos, preparación del terreno, fertilización, siembra, control de malezas, instalación de sistemas de riego por goteo y microaspersión, instalación de sensores de humedad. Estos procesos se realizan con el único objetivo, de llegar a la optimización, donde se realizan discusiones detalladas de cómo realizar los trabajos para garantizar una correcta implementación.

5.2.1 Evaluación del terreno

En las áreas agrícolas donde trabaja el CREA, el suelo es franco areno arcilloso, con una profundidad útil de 0.45 m, el suelo de estas áreas tienen muy poca profundidad; sin embargo, al ser suelos francos, tienen una muy buena estructura, ya que poseen buenos porcentajes de arcilla y de arena, lo que permite la retención de los nutrientes y una buena capacidad de filtración, haciéndolos ideales para trabajar con maquinaria agrícola.

Es muy importante realizar una muy buena evaluación del terreno en el área que se pretende trabajar, ya que de esta dependerán muchas decisiones, como la factibilidad de establecer el cultivo en el sitio, así como lo menciona (Rodolfo, 2019) es importante realizar una evaluación del suelo ya que se pueden realizar medidas correctivas sobre la problemática identificada, implementar planes de fertilización, monitorear avances de la restauración, todo esto ayuda a fundamentar las decisiones sobre la selección de cultivos, el riego y el uso de fertilizantes, asimismo esto ayuda a prevenir problemas inesperados como la erosión o los problemas de drenaje.

5.2.2 Muestreo de suelo

El Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) realiza muestreos de suelo en las áreas donde establecen los cultivos; como el cultivo de ajo, cebada, adormidera, pistacho, almendro; esta práctica la realizan cada dos o tres años con el objetivo de conocer la cantidad de nutrientes que dispone el suelo, así como también su estructura y textura. Para ello, el equipo utiliza una barrena motorizada para extraer las muestras, y lo hacen siguiendo los siguientes pasos:

- a. Preparación del equipo: Se asegura que la barrena se encuentre en buen estado, seguidamente se procede a encenderla y observar su funcionamiento.
- b. Selección del sitio: Se seleccionan puntos en los que se harán los muestreos representativos, donde posteriormente se coloca una marca. En las áreas donde el CREA establece los cultivos realizan muestreos tipo diagonal, en donde cada punto que se selecciona, se pone una pica color azul; extraen alrededor de 8 submuestras por cada área (entre más submuestras se realizan, será más preciso el análisis).
- c. Marca del sitio: Al momento de realizar los muestreos de suelo se tiene que ser preciso; cuando aún no se ha establecido el cultivo se utiliza un método, en donde las submuestras se sacarán en el área donde irán sembradas las plantas. Cuando el cultivo ya está establecido, como, por ejemplo, en cultivos leñosos como el almendro y pistacho, las muestras se sacan aproximadamente donde llega la copa del árbol, ya que en esa área se encuentra una gran cantidad de raíces adsorbentes y se quiere saber los nutrientes que se encuentran en ese sitio.
- d. Evitar áreas contaminadas: Es muy importante evitar cualquier tipo de área contaminada, que pueda influir en los resultados del análisis; no hay que tomar muestras cerca de fuentes de contaminación, por ejemplo; en lugares donde defeca u orina un animal.

- e. Preparación y operación de la barrena de motor: Una vez ya identificado los puntos donde se sacarán las submuestras, se prepara la barrena, se llena el tanque de combustible, se enciende y posteriormente se coloca la barrena en forma vertical, donde se le aplica cierta presión hasta que se llega a la profundidad deseada, luego se extrae cuidadosamente la barrena con la submuestra y se coloca en una bolsa (anexo 1).
- f. Repetición del proceso y etiquetado: Se repite los muestreos en todos los puntos seleccionados, en el que cada vez que se saque una submuestra, se limpia la barrena muy bien para evitar la contaminación cruzada. Una vez ya sacadas las muestras de todos los puntos que se marcaron se hace un registro y se le pone una etiqueta a la bolsa, que lleva datos como, fecha, nombre de la finca, nombre del lote, profundidad de muestreo, cultivo a establecer entre otros.
- g. Mantenimiento del equipo: Una vez de haber terminado la extracción se procede a la limpieza del equipo, la barrena de motor se le retira todo el combustible, seguidamente se enciende la maquina y se mantiene así hasta que esta se apague, esto se hace para asegurar que todo el combustible se consuma. Luego se procede a guardar el equipo y se lleva las muestras a un laboratorio para realizar un análisis.

Según (Duggan, 2010) para realizar un buen muestreo es importante definir ciertos aspectos como:

Establecer objetivos diversos de muestreo de suelos, como la descripción de perfil y el monitoreo de variables de fertilidad; disponer de equipamiento adecuado, como una barrena motorizada, para facilitar la extracción de muestras; aumentar la intensidad de muestreo para obtener una muestra representativa y precisa, sacando unidades de lugares homogéneos sin grandes cambios topográficos; realizar muestreos a una profundidad de hasta 0.50 m, cerca de las plantas, si los cultivos ya están establecidos; rotular y acondicionar correctamente las muestras.

El muestreo se realizado en las áreas productivas de la UCLM se hicieron de forma correcta, debido a que se tomarán todas las precauciones necesarias y se considerarán todos los factores para asegurar una extracción precisa de las muestras, así como lo muestra (Duggan, 2010). El objetivo era conocer la fertilidad del suelo, para lo cual se optó por un método diagonal, se seleccionaron cuidadosamente puntos estratégicos, evitando áreas contaminadas en el caso de los cultivos de almendro y pistacho, las submuestras se tomaron cerca de las plantas y se almacenaron adecuadamente para su análisis.

Cuando se realizan los muestreos, se tiene que analizar la topografía del lugar, y buscar que esta sea lo más homogénea posible. Cuando hay un terreno disparejo, en donde se encuentran faldas, y suelos de vegas, es recomendable hacer dos o tres muestreos representativos, según lo amerite, debido a que las condiciones del suelo varían mucho, y si se realiza una sola muestra a nivel global del terreno, el porcentaje de error será muy alto y no servirá de mucho el análisis.

5.2.3 Preparación del terreno

El grupo del Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) realizan una preparación de los terrenos donde establecen los cultivos, con maquinaria agrícola, en donde hacen dos procesos, primero realizan el pase de un subsolador y después pasan un rulo de un cuerpo.

- a. Subsolador: En las áreas agrícolas que trabaja el CREA dan varios pases con un subsolador, con el objetivo de romper el suelo; esta técnica es una de las mejores formas para descompactar, esta práctica es muy importante realizarla ya que permite una mejor aireación del terreno y mejor filtración del agua, asimismo esta profundiza los suelos, ayudando a que las plantas puedan tener un mejor desarrollo del sistema radicular, y a la vez estas no gastan tanta energía en penetrar la tierra.

El tipo de subsolador que utilizan es un fijo; este está compuesto por cinco brazos, que van acoplado a un tractor, se introducen en el suelo a 0.45m. Este implemento

agrícola se tiene que pasar sobre el área cuando el suelo este seco, para facilitar el rompimiento del mismo.

- b. Rulo: Se realizan varios pases con un rodillo en todas las áreas donde se pasó el subsolador; esto se realiza con la finalidad de anivelar el suelo, romper los terrones, mullir la tierra y mejorar la permeabilidad del mismo (anexo 2).

Según (Lopez, 2021) el objetivo de la preparación del suelo es construir una cama de plantación con un suelo mullido, aireado y enriquecido con la incorporación de la materia orgánica. De esta forma se favorece la brotación del diente “semilla”, en el cultivo de ajo; el arraigamiento de la planta, la retención de agua, la actividad microbiológica y los cambios químicos que se producen en la temporada de cultivo.

La preparación de suelos se aborda de manera correcta; según (Lopez, 2021) estas coinciden con las practicas realizadas. Estas prácticas se realizan con el objetivo de romper y descompactar el suelo, creando una cama permeable sin destruir su estructura natural; esto es fundamental para el desarrollo del cultivo, ya que proporciona condiciones óptimas del suelo, facilitando el desarrollo del sistema radicular sin dificultades.

5.2.4 Fertilización

En la preparación del suelo los integrantes del CREA realizan una fertilización manual para mejorar las características y tener buenos resultados en el desarrollo de la planta; consiste en aplicar nutrientes directamente al suelo sin el uso de maquinaria especializada; esto implica la preparación de la cantidad adecuada de fertilizante, generalmente en forma granulada, y esparcirlo de manera uniforme sobre la superficie del suelo. Luego, se puede incorporar el fertilizante al suelo mediante labranza superficial o simplemente dejar que la lluvia y el riego lo transporten. Asimismo, se puede realizar fertirrigación una vez que ya están establecidos los cultivos e instalados los sistemas de riego.

Es recomendable hacer una distribución cuidadosa del fertilizante para evitar la sobrefertilización o la aplicación desigual, lo que podría resultar en daño a las plantas o pérdida de nutrientes por lixiviación. También es de mucha importancia conocer las necesidades del cultivo y la condición en que se encuentra el suelo.

Los cultivos que maneja el CREA como los herbáceos, realizan la siguiente fertilización: Para el cultivo de ajo, preparan el terreno con 496 Kg.ha-1 de un fertilizante compuesto por 12% de nitrógeno, 12% de fósforo y 17% de potasio. Durante todo el ciclo del cultivo, a través de fertirrigación aplican 308 Kg.ha-1 de 19-6-6 fraccionado en varias etapas. Además, hacen aplicaciones de 210 kg/ha de 7-12-40 desde el inicio de la bulbificación. En cultivo de cebada, aplican nitrato amónico cálcico (NAC) 27-0-0 a razón de 406 Kg.ha-1 durante la preparación del terreno. Durante el inicio del ahijamiento, emplean 407 Kg.ha-1 del mismo fertilizante como cobertura.

El práctica de aplicación de los fertilizantes (abono orgánico o fertilizantes minerales) es un componente esencial de las buenas prácticas agrícolas. Para maximizar el rendimiento del cultivo y minimizar el impacto ambiental, es crucial suministrar los nutrientes en el momento exacto en que el cultivo los requiere. Cuando el fertilizante es aplicado a mano, debe tenerse mucho cuidado para realizar una distribución uniforme y en las dosis exactas (EOS DATA ANALYTICS, 2024).

La implementación de fertilizantes en el suelo antes de la siembra es una práctica que se realizó de manera exitosa; por lo tanto, esta práctica mejoró significativamente la fertilidad del suelo, proporcionando los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de los cultivos; además, la correcta distribución de los fertilizantes asegura que las plantas tengan un buen comienzo y un desarrollo desde el momento de la siembra, así como lo menciona (FAO, 2000) el abono y el compost son necesarios para mejorar la estructura del suelo.

5.2.4.1 Fertirrigación

La fertirrigación se realiza para aportar a las plantas los fertilizantes disueltos en el agua de riego. Esta técnica es altamente efectiva, ya que permite a las plantas obtener directamente los nutrientes necesarios. (Jiménez, 2009).

Según (Jiménez, 2009) la Fertirrigación tiene varias ventajas:

Estos incluyen una mayor eficiencia en el uso de fertilizantes, se reducen las pérdidas de nutrientes por lixiviación, la comodidad en la aplicación y el ahorro de mano; asimismo, la

fertirrigación facilita una mejor y más rápida asimilación de los nutrientes por parte de las plantas al mantener constante la humedad, lo cual se complementa con la capacidad de ajustar las dosis de nutrientes según las necesidades de la planta en cada etapa de su ciclo vegetativo.

En la aplicación de fertirriego a los cultivos, se considera una práctica positiva ya que este método permitió una distribución eficiente de los nutrientes, directamente en la zona radicular de las plantas, optimizando su absorción, así como lo menciona (Uncuyo, 2021) la integración del fertirriego aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes y contribuye a un desarrollo más saludable y vigoroso de los cultivos.

5.2.5 Siembra:

El CREA establece cultivos herbáceos en parcelas experimentales, como él; ajo, cebada y adormidera. El cultivo de ajo morado lo siembran en un marco de 18 m de ancho por 90 m de longitud, cada subparcela tiene una anchura de 3.5 m, los bordes de las parcelas tienen 3 m de ancho (figura 5).

La cebada la siembran en un marco de 18 x 45 m en la que cada subparcela tiene una anchura de 3,5 m, donde los bordes de la parcela son de 3 m de ancho (figura 6). Y en el cultivo de adormidera la siembran en un marco de 12 x 104 m, donde cada subparcela tiene 4 m de ancho (figura 7).

Al momento de realizar el sembrado el equipo lo hace en dos tipos:

- a. Siembra manual: En el cultivo de ajo, ciertas subparcelas las siembran de forma manual y otras utilizando una máquina sembradora (antes de la siembra los ajos se escogen, se eligen los que tienen mejor aspecto o que no estén dañados, y posteriormente se plantan a una distancia entre fila de 0.50 m). En el caso de la

siembra manual, hacen una siembra directa, donde se lleva a cabo un proceso meticuloso; primero, colocan cuerdas previamente marcadas a lo largo de cada subparcela, lo que permite establecer líneas de siembra precisas (anexo 3).

Luego en cada marca establecida, se plantan los bulbos de ajo manualmente. Se coloca un ajo por cada marca, en donde se hace un pequeño agujero en el suelo con una pica, se coloca el ajo en forma vertical y posteriormente se le aplica un poco de tierra encima. Esta técnica garantiza una distribución adecuada de las plantas dentro de las sub parcelas y lo hacen de esta manera ya que las densidades de siembra son distintas, debido a que ellos evalúan distintas densidades de siembra aplicando cierta dosis de riego.

- b. Siembra mecanizada: En las demás subparcelas de ajo y en las áreas donde establecen los cultivos de cebada y adormidera, realizan una siembra directa con una sembradora, la cual facilita el proceso al realizar el sembrado de manera más rápida y eficiente (anexo 4).

La siembra directa del cultivo de ajo fue exitosa, cumpliendo con las especificaciones, así como lo menciona (Universidad de Sonora, 2016) se plantó verticalmente cada diente de ajo a una profundidad de 7 cm y una distancia entre surcos de 0.50 m. Algunas subparcelas se sembraron con densidades más altas; sin embargo, parte de los ajos se plantó manualmente y otra parte con una sembradora, destacando la eficiencia y precisión de esta última; además, en los cultivos de cebada y adormidera, también se utilizó una sembradora debido al tamaño pequeño de las semillas, observándose igualmente una siembra precisa y eficiente.

5.2.6 Control de malezas:

Se realizan diversas prácticas de control de malezas en los diferentes cultivos que trabaja el CREA; en el cultivo de ajo, implementan una técnica combinada para eliminar las malezas presentes, para controlar las gramíneas no deseadas, aplican un herbicida específico en el que utilizan una bomba de motor que lleva una manguera, que permite poder aplicar el químico por toda la parcela como se muestra en el (anexo 5), donde la aplicación la hacen pots emergente Y para el control de malezas de hoja ancha, realizan un control manual donde utilizan azadas.

En el cultivo de adormidera realzan la aplicación de herbicidas con una asperjadora, de manera pre emergente, esta forma es una de las mejores donde se asegura una aplicación precisa del producto sobre el área, garantizando una acción efectiva y controlada (anexo 6).

Para el desmalezado en los cultivos de almendro y pistacho utilizan un equipo, que consiste en utilizar una cuchilla en forma de "uve" que va acoplado a un tractor, permitiendo realizar un deshierbe mecánico al enterrarla a una profundidad de aproximadamente 0.12 metros, eliminado así las malas hiervas.

Un aspecto destacado de esta técnica es la capacidad de no dañar los árboles durante el proceso de deshierbe; en el cultivo de almendro y pistacho cada planta está envuelta en una cubierta de plástico, diseñada para protegerla de los daños causados por los conejos, cuando

la cuchilla entra en contacto con está cubierta, se producía un giro automático de 90 grados a una presión mínima, lo que permite que la labor se lleve a cabo sin ningún problema.

Las actividades realizadas para el control de malezas se realizaron de manera efectiva, así como menciona (Gómez P., 1995) la aplicación de herbicida es una práctica muy utilizada en el control de malezas para los cultivos, se aplican herbicidas de contacto, que actúan únicamente sobre aquellas partes de la planta con las cuales entran en contacto. En el cultivo de ajo se aplicó correctamente un herbicida post-emergente para controlar malezas gramíneas, una práctica ampliamente utilizada y considerada muy beneficiosa; el herbicida debe aplicarse antes de que las malezas alcancen los 10 cm de altura. Para el cultivo de cebada y adormidera se realizó una aplicación pre-emergente, la cual es muy ventajosa ya que permite que el cultivo se desarrolle sin ningún tipo de competencia.

La técnica de desmalezado mecánico que se realizó en el cultivo de almendro y pistacho fue un éxito ya que se operó de manera normal con una técnica precisa, cumpliendo con las buenas prácticas agrícolas, este invento fue innovador y muy eficiente; como menciona (Padilla, 2024) el control por medios mecánicos favorece a poder hacer un desmalezado en grandes áreas agrícolas, además ayuda a la penetración y la colocación del agua y los fertilizantes en el suelo, facilita la absorción y el aprovechamiento por parte del cultivo, e incrementa la aireación y nitrificación del suelo.

5.2.7 Instalación de malla para el control de conejos

El Centro Regional de Estudios del Agua realizan la instalación de una malla de protección alrededor del cultivo de cebada, esta medida se implementa como respuesta a un problema persistente de daños causados por conejos en la zona, ya que en España se prohíbe la eliminación de estos animales. Esta medida de protección es muy crucial para salvaguardar el desarrollo y el rendimiento del cultivo de cebada en un entorno donde los conejos representaban una amenaza constante; la implementación de la malla proporciona una solución efectiva.

En las parcelas experimentales se incorporan una cerca de malla, primero se escarba una línea alrededor del cultivo a una profundidad de 0.20 metros donde posteriormente se coloca una malla que seguidamente se entierra, se colocan varillas de metal a una distancia de 2 m, para darle soporte

5.2.8 Instalación de sistemas de riego por microaspersión:

Cuando los cultivos están ya implementados se procede a la instalación de los sistemas de riego, primero se hace la preparación de los materiales; se comienza midiendo las tuberías y determinando la cantidad de ramales que se necesitaran (los ramales pueden ser de un grosor de 16 mm). Para los cultivos herbáceos que establecen el CREA realizan la siguiente distribución: Para el cultivo de ajo 180 ramales para goteo y 45 para microaspersión, para la cebada 90 ramales para goteo y 23 para microaspersión, y para la adormidera 208 ramales para goteo y 54 para microaspersión. Es de mucha importancia utilizar tubería de polietileno, ya que es mucho más resistente (anexo 7).

Posteriormente se hace la preparación de los microaspersores, se deben unir a una pica, estos pueden descargar un caudal de 30 L/h. Se prepara también empalmes, tes, tapones para colocar al final de los ramales, llaves para ajustar los conectores, tijeras, navajas, contadores y encendedores para el conector los ramales, tuberías terciarias y secundarias que tienen un grosor de 40 mm, entre otros materiales necesarios.

Una vez preparados los materiales se trasladan a campo en el lugar donde se encuentran establecidos los cultivos. El CREA realiza la instalación de los sistemas de riego por microaspersión de la siguiente manera: para la plantación de ajo, y cebada colocan ramales de 18 metros de longitud, y para adormidera ramales de 12 m de longitud, separados por distancias de 2 m, seguidamente se instalan los microaspersores a intervalos regulares de 2 metros para garantizar una distribución adecuada del agua sobre toda la superficie del cultivo.

Luego se conectan los ramales a una tubería terciaria que se pueden dividir por sectores, para poder regar uno a la vez, después se implementa un contador en cada sector donde estos tengan un sistema de cierre y de abertura automático (el contador sirve para medir la dosis de agua que pasa al cultivo). En la instalación del sistema para el cultivo de ajo la tubería terciaria la dividen en 4 sectores y para los cultivos de cebada y adormidera la tubería la dividen en 2 sectores; estos sistemas van conectados a un hidrante (tubería de 63 mm de grosor), y este va conectada a la bomba de agua que se encuentra en una caseta (anexo 8).

Una vez ya instalado el sistema en cada cultivo se procede a encenderlo y realizar pruebas para ver su funcionamiento, se hace una revisión meticulosa de los aspersores, se cambian todos aquellos que no funcionan bien, se hace una revisión del sistema de filtrado que se encuentra normalmente en la bomba, (filtro de anillas) si este está sucio se realiza una limpieza, esto garantiza un funcionamiento eficiente y prolongado del sistema.

También, se monitorea de manera regular la presión del agua hasta que esta sea estable y alcance los 3 bares, se está realizando un chequeo de todo el sistema para descartar cualquier tipo de fuga, y así optimizar el riego; una vez que se asegura que la presión es estable y que todo los microaspersores funcionan se da por culminada la instalación (anexo 9).

La instalación del sistema de riego fue adecuada y exitosa en todos los cultivos, asegurando que todos los equipos fueran instalados correctamente. Esto se refleja en un trabajo realizado por (Mendoza, 2013), quien documentó la instalación de un sistema de riego por microaspersión para un cultivo de plátano. En dicho estudio, se emplearon métodos de instalación similares a los utilizados en las áreas donde se llevó a cabo la práctica profesional. La correcta ejecución de cada paso, desde la preparación de materiales hasta la verificación de la operatividad del sistema, garantizó un rendimiento óptimo del riego y una distribución uniforme del agua en todos los cultivos. Este paralelo entre ambos trabajos subraya la efectividad y eficiencia de los procedimientos empleados.

5.2.9 Instalación de sistema de riego por goteo

El Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) realizan los siguientes pasos para la instalación de un sistema de riego por goteo superficial: primero preparan todos los materiales necesarios, como tuberías, emisores, filtros y válvulas; luego proceden a distribuir las tuberías principales en el campo (secundaria, terciaria), donde se conectan a un hidrante que va fijado a una bomba de agua, en la bomba se le instala un filtro de anillas, para evitar obstrucciones de los goteros por residuos.

Posteriormente, se instalan contadores que van entre la tubería secundaria y terciaria y estos llevan una válvula automática, luego se insertan los ramales en las tuberías terciarias. En los cultivos herbáceos que establece el CREA, colocan los ramales a intervalos regulares de 0.50 m (cada gotero descarga una dosis de riego de 2 litros por hora), donde la tubería terciaria la dividen según el número de tratamientos de cada cultivo.

Es recomendable la instalación de un sistema con goteros autocompensantes, ya que de esta manera el riego será uniforme y sin importar la diferencia de presión que allá en los distintos puntos, la descarga será la misma para cada goteo, siempre y cuando este alcance un bar de presión.

Finalmente se realizan pruebas del sistema para verificar que todos los emisores funcionen correctamente y no haya fugas, se ajusta la presión y el caudal según sea necesario para garantizar una irrigación eficiente y uniforme; se revisa minuciosamente todo el sistema corrigiendo cualquier problema, una vez seguros de que no hay fugas y la presión es estable se da por culminada la instalación (anexo 10).

5.2.9.1 Instalación de riego por goteo subterráneo

Para la implementación de los sistemas de riego por goteo subterráneo, se ejecuta la misma instalación antes descrita (instalación de riego por goteo), donde posteriormente antes de enterrar los ramales se hace una revisión meticulosa donde se enciende el sistema, para verificar que este no tengan fugas y comprobar que funcionan correctamente todos los goteros. luego los ramales se entierran con la ayuda de un tractor, en el que este abre un canal y va seguidamente metiendo y enterrando.

El CREA realiza la instalación de sistemas de riego por goteo subterráneo en cultivos leñosos como almendro y pistacho, esto lo hacen de la siguiente forma: primero despliegan los ramales de todos los sectores en que se dividió los cultivos, estos se colocan a la distancia de 1 m desde la base del árbol.

Una vez que todas las cintas de riego están desplegadas, se pone en marcha el sistema para verificar que todos los goteros funcionan correctamente (anexo 11), después de comprobar que el sistema funciona bien, se procede a enterrar los ramales utilizando un tractor, estos van enterrados a una distancia de 1 m desde la línea de árboles y a una profundidad de 0.20 m, (anexo 12). Además, al inicio de cada ramal se coloca una manguera más gruesa como cubierta, con el fin de protegerla de daños durante las actividades agrícolas.

A cada sector se le instala dos válvulas de limpieza, estas funcionan de la siguiente manera; al momento de encender el sistema y este empieza a tomar presión estas dan una limpieza al sector al que se encuentran instaladas, una vez que el sistema tome toda la presión estas ya no podrán hacer la limpieza.

Cuando se instala un sistema de riego subterráneo en cultivos como almendro y pistacho, es recomendable esperar hasta que el cultivo alcance los 3 años de edad., mientras tanto, se puede mantener el sistema de goteo en la superficie. Esto se hace porque a medida que el

cultivo crece, sus raíces se expanden ya cuando la planta alcanza la edad adecuada, se pueden enterrar los ramales.

En la instalación del riego por goteo superficial y subterráneo, se establece que fue un éxito el trabajo, ya que se hicieron pruebas del sistema antes de la instalación y se comprobó que funcionaba correctamente. Según (Paz, 2015) la instalación del sistema cumple con los procedimientos que se utilizan. Pruebas realizadas por el CREA en años anteriores, los sistemas han llegado a niveles de eficiencia de un 90 %.

5.2.10 Instalación de sensores de humedad

Después de la instalación de los sistemas de riego por goteo se realiza la instalación de sensores de humedad. Esto con el fin de monitorear el nivel de humedad del suelo y determinar si se percola agua. Estos sensores están conectados a un datalogger Pessl, que se colocan a una distancia de 2 m y a una profundidad de 60 cm (se colocan dos sensores por cada datalogger).

La instalación se realiza de la siguiente forma:

- a) El primer paso es la realización de un agujero donde se colocará el sensor de humedad, el agujero se hace con una barrena mecánica, hasta llegar aproximadamente a los 60 cm de profundidad.
- b) Luego se procede a la preparación de un barrillo, en el que procura que este no sea tan líquido ya que la función es que al momento de meter el sensor en el agujero este le de firmeza, una vez metido el sensor y el barrillo aplicado se realiza un movimiento circular con el sensor para que este expulsara cualquier burbuja de aire que se hubiese formado en el barro y así no afecte en la lectura a la hora de la toma de datos, tal como se muestra en el (anexo 13).

- c) Posteriormente se procede a la instalación del datalogger en donde se conectan las sondas que se encuentran a una distancia de dos metros, este se encarga de recibir, almacenar y enviar la información obtenida.

La instalación de sondas de humedad Senteck de iMetos en los cultivos que establen los miembros del CREA es un éxito, esta práctica es de mucha importancia realizarla para conocer cómo se comporta el agua debajo del suelo, asimismo la instalación que se hizo fue exitosa y adecuada ya que se realizaron los procedimientos de instalación correctos, así como lo muestra (Lacruz, 2018) en donde realizo una investigación, donde destaca la importancia de la instalación de estos sensores y lo fundamental que es realizar su correcta instalación para su correcto funcionamiento.

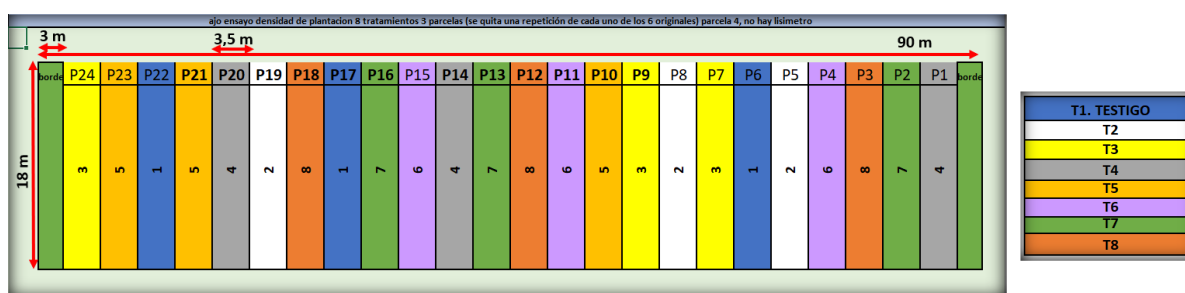


Figura 5. Croquis del diseño experimental en el cultivo de ajo

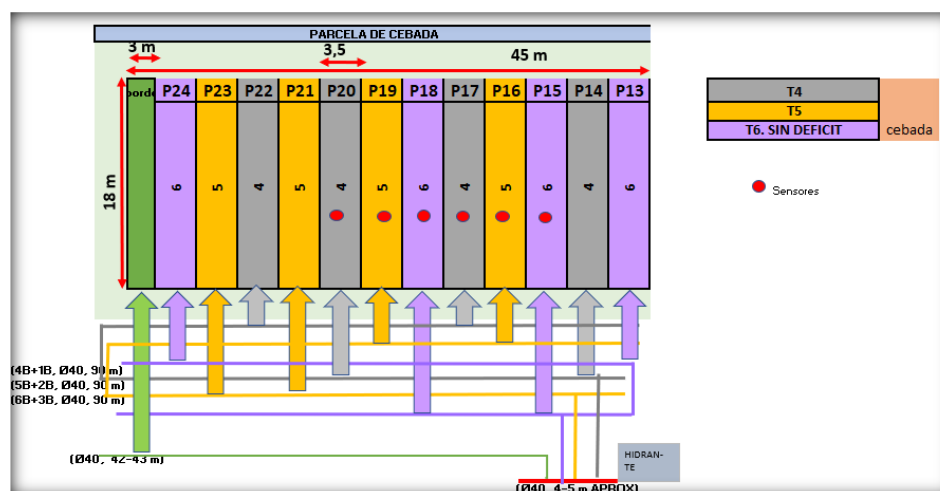


Figura 6. Croquis del diseño experimental en las parcelas de cebada

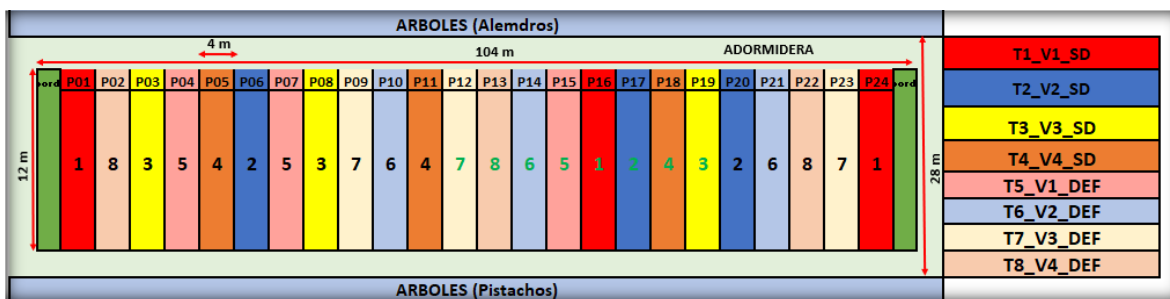


Figura 7. Croquis del cultivo de adormidera

5.2.11 Operaciones y mantenimiento

Todos los sistemas de riego que instalan el equipo del CREA en los diferentes cultivos los operan desde una aplicación que se llama AgronicWed, desde un teléfono móvil o un pc, y desde allí se enciende el riego y se apaga, desde la aplicación la persona puede encender el sector que quiera, en este caso para el riego por microaspersión se encendía un sector a la vez y para el riego por goteo se hace la misma operación y esto gracias a las válvulas automáticas.

Se deben hacer los riegos por las mañanas y esto se hace en función de las lecturas del sensor de humedad, si el suelo se encuentra muy cargado se bajan los tiempos de riego, todos estos manejos el CREA los hace con el programa de Retoagua.

Cada cierto tiempo se sugiere llevar a cabo la desobstrucción de los conductos mediante la utilización de ácido nítrico el cual resulta altamente efectivo para prevenir la acumulación de depósitos originados de residuos orgánicos, esta actividad es muy importante realizarla cada campaña de riego ya que se evitará el problema por obstrucción en los sistemas ya sea por goteo o por microaspersión y de esta manera el riego será eficiente y lo más uniforme alcanzando así una muy buena optimización. Se aconseja aplicarlo de manera individual, sin combinarlo con otros fertilizantes. Se llevará a cabo una intervención por temporada, empleando dosis de 0,5-1 litro por m³ de agua.

VI. CONCLUSIONES

El CREA planifica adecuadamente sus actividades agrícolas, con infraestructura adecuada para desarrollar investigación y producción, facilitando la implementación de procesos agrícolas de manera sostenible y al uso eficiente de recursos naturales, en la que generan servicios e innovaciones tecnológicas para el fortalecimiento del sector pecuario.

Los procesos agrícolas en el CREA, se implementan de manera adecuada, respaldados por la guía de expertos en Investigación y producción, garantizando la optimización de los recursos disponibles, así como también la eficiencia y eficacia en todas las etapas del ciclo agrícola.

El CREA ejecuta de manera adecuada los procesos agrícolas; ya que se reflejan excelentes resultados en el desarrollo de los cultivos. y en la implementación de sistemas de riego, alcanzando una eficiencia de aplicación del 86.19% y un coeficiente de uniformidad del 87.70 %, obteniendo consigo una adecuada optimización de los recursos.

VII. RECOMENDACIONES

Explorar alternativas de control de población de conejos mediante métodos que no impliquen su eliminación, podría ser el uso de dispositivos de disuasión, como ultrasonidos o barreras físicas adicionales, así como la implementación de estrategias de manejo del hábitat para reducir la atracción de los conejos hacia las áreas de cultivo.

La incorporación de vehículos de trabajo en el centro del CREA; debido a que se llevan a cabo numerosas actividades en el campo, especialmente durante la instalación de sistemas de riego, que requieren movilizar una gran cantidad de materiales, actualmente, el centro solo dispone de vehículos tipo camioneta, lo que puede limitar la eficiencia y la capacidad de transporte necesaria para estas tareas específicas.

Incorporación de pastizales entre las hileras de los cultivos de almendro y pistacho, esta medida mejorará la gestión del suelo y optimizará el espacio disponible al mismo tiempo, asimismo, estos pastizales servirán como valiosa fuente de alimento para la ganadería, proporcionando una opción adicional de aprovechamiento de recursos en la zona agrícola.

Instalar sensores de medición indirecta de humedad en las áreas agrícolas de la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras. Esto permitirá monitorear de manera más precisa y eficiente los niveles de humedad en el suelo, lo que a su vez facilitará una gestión más efectiva del riego y mejorará el rendimiento de los cultivos; Asimismo, fomentar al estudiantado la importancia de estos aparatos en los campos agrícolas.

VIII. BIBLIOGRAFIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Italy.
- Angella, G; Prieto, S; López, J; Barraza, G; Salgado, R; Tomsic, P; Prieto, D; Fereres, E; diciembre 2017. La Modernización De Los Sistemas De Riego Y La Importancia De Los Aspectos “No Estructurales”. Consultado el 25 de ene. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Angella/publication/321832980_La_Modernizacion_De_Los_Sistemas_De_Riego_Y_La_Importancia_De_Los_Aspectos_No_Estructurales/links/5a33eef5aca27247eddc0d05/LA-Modernizacion-De-Los-Sistemas-De-Riego-Y-La-Importancia-De-Los-Aspectos-No-Estructurales.pdf
- Bermeo - Ortiz, L. 2020. Diseño y programación de un sistema de riego por microaspersión en el cultivo de café (*Coffea canephora*) en el campus La María (en línea). Los Ríos, Ecuador. Consultado 25 ene. 2024. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/42b197db-217a-42f5-ac74-0b0cdd58564a/content>
- Bleiholder, H., Weber, E., Lancashire, P.D., Feller, C., Buhr, L., Hess, M., Wicke, H., Hack, H., Meier, U., Klose, R., van den Boom, T., Stauss, R., 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants BBCH Monograph. 2nd edition. Ed. Meier, U. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. Braunschweig, Germany.
- CREA - Centro Regional de Estudios del Agua. 2020. (en línea, sitio web). Consultado 23 ene. 2024. Disponible en <https://crea.uclm.es/crea/>.

Domínguez, A; María, J; Martín-Benito, T. (s. f.). s.l., s.e. 2018 Consultado 27 ene. 2024.
Disponible en <https://ruidera.uclm.es/server/api/core/bitstreams/16fd3e4d-1f1a-41f9-9225-6579ba62418a/content>.

Duggan, M. T. (2010). Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos. Fertilizar, Disponible en <https://tecnoagro.com.ar/notas/analisis/beneficios-del-an%C3%A1lisis-de-suelos.pdf>.

El clima en Albacete, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark. 2024. (en línea, sitio web). Consultado 27 ene. 2024. Disponible en <https://es.weatherspark.com/y/40256/Clima-promedio-en-Albacete-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

EOS DATA ANALYTICS. (20 de febrero de 2024). Fertilidad Del Suelo: Cómo Medirla Y Mejorarla. Consultado 10 jun. 2024 Obtenido de <https://eos.com/es/blog/fertilidad-del-suelo/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 29 sep. 2023. Ya se puede consultar la edición de 2023 del Anuario estadístico de la FAO en el que se destacan los efectos de las catástrofes en la agricultura y los costos de las dietas saludables (en línea). Consultado el 27 de ene. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-s-statistical-yearbook-2023-goes-live--highlights-the-impact-of-disasters-on-agriculture-and-cost-of-healthy-diets/es>

FAO. (2000). Manual de capacitación para trabajadores de campo en américa latina y el caribe. Consultado 13 jun. 2024 Obtenido de <https://www.fao.org/4/V5290S/v5290s30.htm#TopOfPage>

FAO. (2024). Cambio climático. Consultado 13 jun. 2024 Obtenido de <https://www.fao.org/climate-change/es>

Fernández - Serón, Victoria. 2009. Metodos de información (en línea). Consultado el 20 ene. 2024. Disponible en https://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias_bibliograficas.pdf

Gerald, N; Rosegrant, M; Koo, J; Robertson, R; Sulser, T; Zhu, T; Ringler, C; Msangi, S; Palazzo, A; Batka, M; Magalhaes, M; Valmonte-Santos, R; Ewing, M; Lee, D. (2009). Informe Política Alimentaria Cambio Climático El impacto en la agricultura y los costos de adaptación (en línea). s.l., s.e. Consultado 20 ene. 2024. Disponible en https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

Gómez P., J. F. (1995). Control de Malezas. Consultado el 14 jun. 2024. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1363>

INIA. (mayo de 2012). Preparación de suelos. Consultado el 21 de mayo 2024. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4424/NR38633.pdf>

Jiménez, P. G.-S. (2009). Guía Practica en la fertilización racional de los cultivos de España. Consultado el 14 de mayo 2024. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)

Keller, J., & Karmeli, D. (1974). Trickle Irrigation Design Parameters. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 17(4), 678- 684.

Lacruz, L. G. (2018). Manejo eficiente del riego mediante monitorización con sondas de humedad y herramientas de teledetección. Consultado el 01 jun. 2024. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/76198/files/TAZ-TFM-2018-994.pdf>

Liotta, M; Carrión, R; Ciancaglini, N; Olguín, A. 2015. Manual de capacitación: riego por goteo (en línea). Consultado el 21 ene. 2024. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/INTA_EEASanJuan_Liotta_Riego_por_goteo.pdf?sequence=1

- López, JL; M. y Lipinski, A; M., V. 2021. Manejo de suelos y preparación del terreno para el cultivo de ajo en áreas bajo riego de Mendoza (en línea, sitio web). Consultado el 17 de mayo de 2024. Disponible en https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/10415/INTA_CRM_mendoza-SanJuan_EEALaConsulta_Burba_JL_Manejo_de_suelos_y_preparaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Mendoza, J. D. (enero de 2013). Diseño e instalación de un sistema de riego por microaspersión para el cultivo de Plátano (*Musa sp*), variedad Cuerno Enano en la finca La Porfía, municipio de Malpaisillo, departamento de León. Consultado el 14 de mayo 2024. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/336876918.pdf>
- Martin, J; Abel, C. 2019. Diseño de un sistema de riego por goteo para 18.21 ha de palto mediante el uso de aguas subterráneas en el centro poblado Cuculí - distrito de Chongoyape - región Lambayeque (en línea). Unprg.edu.pe. DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4861>.
- Martínez-López, JA; Montoya, F; Martínez-López, H; Martinez-Romero, A; Pardo, JJ; López -Urrea, R; Domínguez, A. (s. f.). Regulated deficit irrigation scheduling tool for the sustainability of woody crops in semi-arid regions (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.aeryd.es.
- Padilla, G. d. (2024). Control de malezas. Consultado 14 jun. 2024. Obtenido de https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/Manual_control_de_la_maleza.pdf
- Paz, M. L. (2015). Manual de capacitación: riego por goteo. Consultado 20 mayo 2024 Obtenido de <http://www.prosap.gov.ar/Docs/3-%20Sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf>

- Pérez, J. 2022. Metodología Demostrativa (en línea, sitio web). Consultado 1 feb. 2024. Disponible en <https://view.genial.ly/6326f55abd2618001813c8ce/presentation-metodologia-demostrativa>.
- Sevacherian, V., Stern, V.M., Mueller, A.J., 1977. Heat accumulation for timing Lygus control pressures in a safflower-cotton complex. J. Econ. Entomol., 70, 399-402.
- Rodolfo, V. (Julio de 2019). Evaluación Visual de Suelos. Consultado 15 jun 2024. Obtenido de https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2020/05/Instructivo-2-Evaluacio%CC%81n-Visual-de-Suelos_c.pdf
- Tumiri -Tumiri, E. abril 2019. Comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos cortes con riego por aspersión con la aplicación de Biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira. Consultado 21 ene. 2024. Disponible en <https://aphapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/23/20>
- UCLM - (Universidad de Castilla-La Mancha) 2022. La Escuela: Instalaciones (en línea, sitio web). Consultado 30 ene. 2024. Disponible en <https://www.uclm.es/Albacete/agronomos-montes/LaEscuela/Instalaciones>
- Uncuyo. (24 de noviembre de 2021). 'Fertirriego', la tecnología que incorporó Agrarias para sus parcelas. Consultado el 14 jun 2024. Obtenido de <https://fca.uncuyo.edu.ar/fertirriego-la-tecnologia-que-incorporo-ciencias-agrarias-para-cultivos>
- Universidad de Sonora. (mayo de 2016). EL CULTIVO DEL AJO. Consultado el 14 jun 2024. Obtenido de <https://dagus.unison.mx/Zamora/AJO-DAG-HORT-014.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de suelo con barrena de motor.



Anexo 2. Pase de rulo



Anexo 3. Ajos listos para la siembra.



Anexo 4. Medición y siembra mecanizada en adormidera.



Anexo 5. Aplicación de herbicida en el ajo



Anexo 6. Aplicación de herbicida en cultivo de adormidera.



Anexo 7. Materiales para la instalación de sistema de riego.



Anexo 8. Estanque y caseta donde se encuentra la bomba



Anexo 9. Instalación de sistema de riego por microaspersión en ajo.



Anexo 10. Instalación de sistema por goteo en ajo



Anexo 11. Prueba de sistema de riego por goteo en almendros



Anexo 12. Conecte de los ramales en la instalación de riego subterráneo en el cultivo de almendro y pistacho



Anexo 13. Instalación de sensores de humedad

