

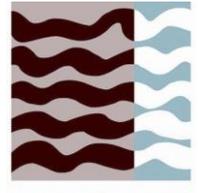


Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



UPCT

**Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería Agronómica**



**ETSIA**

***Grado en Ingeniería Agroalimentaria  
y de Sistemas Biológicos***

**Influencia de la aplicación de microorganismos y  
de la reducción de fertilizantes sobre la  
producción y la calidad de patata**

**Autor:** D Alberto Inglés Esteban

**Dirección:** D Juan A. Fernández Hernández

**Codirección:** Dña Irene Ollio

Cartagena, abril de 2024

## Tabla de contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>2</b>
<b>I. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>1. La patata, taxonomía y características botánicas.....</b>	<b>3</b>
<b>2. La patata en España .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Características medioambientales .....</b>	<b>6</b>
3.1. Humedad y precipitación .....	6
3.2. Suelo .....	6
3.3. Temperatura .....	7
3.4. Radiación solar .....	7
3.5. Viento.....	7
3.6. Altitud .....	7
<b>4. Plagas.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Enfermedades.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Laboreo .....</b>	<b>9</b>
<b>7. Plantación .....</b>	<b>10</b>
<b>8. Riego .....</b>	<b>10</b>
<b>9. Tecnologías para el control fitosanitario .....</b>	<b>11</b>
<b>10. Fertilización química .....</b>	<b>12</b>
<b>11. Contenido en clorofila SPAD .....</b>	<b>12</b>
<b>12. Biofertilizantes basados en microorganismos.....</b>	<b>13</b>
<b>II. Objetivo .....</b>	<b>15</b>
<b>III. Material y Métodos.....</b>	<b>16</b>
<b>1. Material vegetal y condiciones de cultivo .....</b>	<b>16</b>
<b>2. SPAD .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Climatología .....</b>	<b>18</b>
<b>4. Fertilización .....</b>	<b>20</b>
<b>5. Sistema de riego .....</b>	<b>20</b>
<b>6. Valoración de la producción .....</b>	<b>22</b>
6.1. Rendimiento .....	22
6.2. Incidencia de plagas.....	22
6.3. Firmeza .....	23
6.4. Almidón.....	25
6.5. Peso y tamaño .....	26
<b>7. Análisis estadístico.....</b>	<b>27</b>
<b>IV. Resultados y Discusión .....</b>	<b>28</b>
<b>1. Producción .....</b>	<b>28</b>

2. Firmeza.....	29
3. Almidón.....	29
4. Tamaño .....	30
5. Incidencia de plagas .....	31
6. Contenido de clorofila (SPAD) .....	32
7. Analisis financiero.....	33
<b>V. Conclusiones.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. Referencias .....</b>	<b>36</b>
<b>VII. Anexos .....</b>	<b>38</b>
Anexo I: Evaluación financiera del proyecto .....	38
Anexo II: Listado fitosanitario de la patata .....	50
Anexo III: Metodología para el cálculo del tiempo de riego.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> UBICACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROALIMENTARIA 'TOMÁS FERRO', UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA (37° 41' N, 0° 57' O).....	16
<b>FIGURA 2.</b> DAÑOS DE ALTERNARIA EN EL CULTIVO DE PATATA EL 22 DE ABRIL EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROALIMENTARIA 'TOMÁS FERRO', UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA (37° 41' N, 0° 57' O). .....	17
<b>FIGURA 3.</b> MEDICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA CON EL MEDIDOR SPAD EL 20 DE FEBRERO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROALIMENTARIA 'TOMÁS FERRO', UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA (37° 41' N, 0° 57' O).....	18
<b>FIGURA 4.</b> ESQUEMA DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO IMPLEMENTADO EN EL ESTUDIO, QUE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN SECTORIZADA UTILIZADA PARA LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN. ....	21
<b>FIGURA 5.</b> GRÁFICO QUE PRESENTA LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y LA PRECIPITACIÓN DIARIA JUNTO CON EL VOLUMEN DE RIEGO CORRESPONDIENTE APLICADO DURANTE CADA SEMANA DEL CICLO DE CULTIVO DE LA PATATA.....	22
<b>FIGURA 6.</b> ESTA IMAGEN MUESTRA EL RESULTADO DE LA INSPECCIÓN INDIVIDUAL DE PATATAS SELECCIONADAS, RESALTANDO LOS DAÑOS CAUSADOS POR LAS PLAGAS DORADILLA Y RHIZOCTONIA. LOS DAÑOS DE DORADILLA SE IDENTIFICAN POR AGUJEROS CARACTERÍSTICOS Y ESTÁN MARCADOS EN AZUL, MIENTRAS QUE LOS DAÑOS DE ALTERNARIA, INDICADOS POR MANCHAS NEGRAS, ESTÁN MARCADOS EN ROJO. ....	23
<b>FIGURA 7.</b> FOTOGRAFÍA QUE MUESTRA LA TÉCNICA DE MEDICIÓN DE LA FIRMEZA DE LA PATATA UTILIZANDO UN PENETRÓMETRO. ....	24
<b>FIGURA 8.</b> IMAGEN QUE ILUSTRA EL MÉTODO EMPLEADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE LA PATATA, LO CUAL ES UTILIZADO PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE ALMIDÓN A TRAVÉS DE UNA FÓRMULA ESPECÍFICA. ....	26
<b>FIGURA 9.</b> ESTA FIGURA MUESTRA LA PRESENCIA Y EL TIPO DE PLAGAS OBSERVADAS EN EL CULTIVO DE PATATAS. ....	31
<b>FIGURA 10.</b> GRÁFICO QUE ILUSTRA LA CANTIDAD DE CLOROFILA MEDIDA EN TRES FECHAS: EL 26 DE FEBRERO, EL 12 DE MARZO Y EL 28 DE MARZO. ....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RESULTADOS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA PATATA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	28
--	----

## **Resumen**

Este estudio se enfoca en abordar los desafíos asociados a la producción intensiva de cultivos hortícolas en el Campo de Cartagena, Murcia, donde la dependencia de insumos externos, como fertilizantes y plaguicidas, plantea preocupaciones significativas en términos de sostenibilidad y conservación del medio ambiente. La aplicación excesiva de fertilizantes y plaguicidas puede contaminar los recursos naturales, como el agua, el aire y el suelo, además de contribuir al empobrecimiento del suelo y aumentar la susceptibilidad de las plantas a enfermedades.

El objetivo central de este estudio es evaluar cómo la reducción de la fertilización, combinada con la aplicación de formulaciones de microorganismos, afecta la rentabilidad y la sostenibilidad de un cultivo de patata. Para lograr esto, se redujo en un 50% el uso de fertilizante inorgánico en el cultivo, que se llevó a cabo desde diciembre de 2022 a junio de 2023. Se implementaron cuatro tratamientos diferentes: 1) Control con 100% de fertilización; 2) Control con 50% de reducción de fertilización; 3) Tratamiento con la aplicación del producto Bactoneco y reducción de fertilización; 4) Tratamiento con la aplicación del producto Nuve y reducción de fertilización.

Los resultados indicaron que la reducción de la fertilización en la patata no tuvo un impacto negativo en el rendimiento ni en la calidad del cultivo. Sin embargo, se observó una reducción significativa en la incidencia de enfermedades en los dos tratamientos donde se aplicaron las formulaciones de microorganismos.

Estos hallazgos sugieren que la combinación de la reducción de fertilización y la aplicación de microorganismos puede ser una estrategia efectiva para mejorar la sostenibilidad de la producción de patatas y reducir la dependencia de insumos químicos, al tiempo que se reduce el impacto ambiental negativo. Este enfoque puede tener aplicaciones en la agricultura sostenible en regiones como el Campo de Cartagena, donde los desafíos ambientales y económicos son una preocupación constante.

## **Abstract**

This study focuses on addressing the challenges associated with intensive horticultural crop production in the Campo de Cartagena, Murcia, where a reliance on external inputs such as fertilizers and pesticides raises significant concerns in terms of sustainability and environmental conservation. Excessive application of fertilizers and pesticides can contaminate natural resources such as water, air, and soil, and contribute to soil depletion while increasing plant susceptibility to diseases.

The central objective of this study is to assess how the reduction of fertilization, combined with the application of microorganism formulations, affects profitability and sustainability in potato crop. To achieve this, a 50% reduction in the use of inorganic fertilizer was implemented. Four different treatments were implemented: 1) Control with 100% fertilization; 2) Control with reduced fertilization; 3) Treatment with the application of the Bactoneco product and reduced fertilization; 4) Treatment with the application of the Nuve product and reduced fertilization.

The potato crop took place between December 2022 and June 2023. The results indicated that the reduction in fertilization in potato cultivation did not have a negative impact on crop yield or quality. However, a significant reduction in diseases incidence was observed in plants treated with the two treatments where microorganism formulations were applied.

These findings suggest that the combination of reduced fertilization and microorganism application can be an effective strategy to enhance the sustainability of potato production and reduce dependence on chemical inputs while mitigating negative environmental impacts. This approach may have applications in sustainable agriculture in regions like Campo de Cartagena, where environmental and economic challenges are ongoing concerns.

## ***I. Introducción***

### **1. La patata, taxonomía y características botánicas**

Señala Bartolomé (2014), que el origen de la patata proviene de dos regiones en América del Sur: la región de Perú-Bolivia, que es la fuente de las variedades de patatas que se desarrollan en días cortos y tienen hojas pequeñas; y el sur de Chile, donde se cultivan patatas que necesitan días largos y tienen hojas anchas para su tuberización.

Aunque fue introducida por los españoles en el siglo XVI, su difusión en Europa no ocurrió hasta doscientos años después. En la actualidad, la patata representa un elemento esencial en la mayoría de las dietas humanas.

En el presente, la patata tiene una amplia gama de aplicaciones que abarcan desde su consumo directo por las personas hasta su uso como alimento para el ganado, en la industria alimentaria, la producción de almidón y la fabricación de bebidas alcohólicas. Los objetivos de la mejora genética se enfocan en desarrollar variedades de patata que sean resistentes a enfermedades, especialmente el mildiu, que arrasó con los cultivos en varios países europeos durante el siglo XIX.

En cuanto a la Taxonomía de la patata: *Solanum tuberosum* L., pertenece a la familia de las solanáceas.

Según Hijolusa (2022), se tratan de plantas anuales con tallo erguido y ligeramente peludas debido a la presencia de pelos simples o glandulares. Estas plantas no poseen espinas y se caracterizan por tener estolones subterráneos que se extienden y culminan en tubérculos. Sus tallos, que pueden alcanzar hasta 1,5 metros de longitud, son carnosos y presentan una forma ovalada.

Las hojas de esta planta son compuestas e imparipinnadas, lo que significa que están compuestas por varios folíolos dispuestos a lo largo de un eje central. Cada hoja contiene entre 3 y 9 folíolos, con algunos más pequeños intercalados entre ellos. Los folíolos tienen forma ovada o lanceolado-ovada, siendo aproximadamente el doble de largos que de anchos. Los folíolos inferiores pueden tener ápices agudos o redondeados, mientras que los superiores suelen ser acuminados. Además, en la base del pecíolo, se encuentran pseudoestípulas con forma auricular o semilunar, que son estructuras parecidas a estípulas pero que no son verdaderas estípulas.

Las flores de esta planta se caracterizan por tener pedicelos articulados cerca de la base, con dimensiones que oscilan entre 1 y 3,5 cm, y se agrupan en cimas o panículas cimosas que se disponen de manera opuesta a las hojas. El cáliz presenta un tubo de aproximadamente 5 mm de longitud, con cinco lóbulos subyacentes lanceolados y puntiagudos que miden entre 5 y 8 mm cada uno. La corola puede exhibir una variación de colores que incluye blanco, rosa, azul, violeta o púrpura, con una forma rotado-pentagonal y lóbulos que son más anchos que largos, alcanzando

dimensiones entre 2,5 y 4 cm. Los filamentos estaminales tienen una longitud aproximada de 2 cm, mientras que las anteras son de color amarillo o naranja, miden entre 6 y 7 mm de longitud y presentan un extremo romo. Por último, el estilo de la flor tiene una longitud que varía entre 8 y 9 mm.

La planta produce una baya esférica que varía en diámetro entre 1,5 y 4 cm, y puede ser de color verde a púrpura. Las semillas de esta planta son de forma reniforme y tienen un color blanco. Su número cromosómico es de 48 ( $2n = 48$ ). Esta especie se cultiva principalmente por sus tubérculos comestibles, los cuales también son utilizados para la producción de almidón y, a través de procesos de fermentación, para la obtención de alcohol. Se encuentra comúnmente en regiones templadas alrededor del mundo.

Es fundamental comprender las distintas etapas que caracterizan el ciclo de desarrollo de este cultivo, ya que cada fase desempeña un papel crucial en el rendimiento y la calidad de los tubérculos cosechados. Desde una perspectiva agronómica se distinguen las siguientes fases (Pasare et al., 2014):

- **Plantación a Germinación:**

Esta etapa, marca el inicio del ciclo, donde los tubérculos seleccionados se plantan en el suelo. Aquí, la temperatura del suelo y la humedad son factores críticos para la germinación uniforme. Los brotes emergen de los tubérculos y comienzan a desarrollar sistemas radiculares y vegetativos. Una correcta elección de la fecha de plantación y el manejo de la densidad de plantas pueden influir significativamente en el establecimiento temprano de la planta

- **Germinación a Iniciación de la Tuberización:**

En esta fase, los brotes crecen vigorosamente y las plantas comienzan a formar el follaje. El monitoreo y el manejo adecuado de las malezas, la fertilización y el riego son esenciales para un crecimiento saludable y uniforme. Se debe garantizar una nutrición equilibrada para favorecer la formación de yemas subterráneas, que eventualmente darán lugar a los tubérculos.

- **Iniciación de la Tuberización a Floración:**

Aquí se observa un cambio significativo en la planta a medida que los estolones subterráneos comienzan a engrosar y formar los primeros tubérculos. Una gestión precisa de la fertilización, especialmente de nutrientes como el potasio, es crucial en esta etapa para promover el desarrollo adecuado de los tubérculos y prevenir problemas de calidad.

- **Floración a "Madurez" de los Tubérculos:**

Durante la fase de floración, la planta entra en un período reproductivo en el que se forman las flores. Es importante monitorear las condiciones climáticas, ya que eventos extremos pueden afectar negativamente la formación y el desarrollo de los tubérculos. A medida que las flores se convierten en frutos en desarrollo, el enfoque se desplaza hacia la alimentación y la protección de

la planta para garantizar tubérculos de alta calidad en términos de tamaño y rendimiento.

- **Latencia de los Tubérculos:**

Después de la cosecha, los tubérculos pasan por una fase de latencia. En esta etapa, es crucial un adecuado manejo del almacenamiento para evitar la pérdida de peso, la deshidratación y la proliferación de enfermedades. Las temperaturas y la humedad relativa óptimas en las instalaciones de almacenamiento son determinantes para mantener la calidad y la vida útil de los tubérculos hasta su comercialización.

En resumen, este ciclo de desarrollo en cinco fases proporciona una estructura sólida para el manejo integral del cultivo. A través del control detallado de los factores ambientales, la nutrición, la protección y otras prácticas agronómicas, los agricultores pueden optimizar el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los tubérculos en cada etapa, maximizando así el éxito de la cosecha.

## **2. La patata en España**

En el contexto agrícola en España, según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021), se identifican diversos ciclos de cultivo que se ajustan a las condiciones específicas de cada región y a las necesidades de producción. Cada ciclo presenta particularidades que inciden en el tiempo de plantación y cosecha, y resulta esencial comprender sus características para lograr un manejo óptimo del cultivo.

Aquí detallamos los ciclos más comunes según Castillo (2021):

- **Ciclo Extratemprano:** Este ciclo predomina en las regiones de Andalucía oriental y Canarias. El proceso de plantación se lleva a cabo durante los meses de octubre y noviembre, lo que permite que las variedades adecuadas para este ciclo crezcan en los meses de invierno. La recolección tiene lugar en febrero y marzo, garantizando una cosecha temprana y favoreciendo la disponibilidad temprana de productos en el mercado.
- **Ciclo Temprano:** Ubicado en regiones como la Comunidad Valenciana, Baleares, el litoral catalán, Murcia y Andalucía, el ciclo temprano se caracteriza por la plantación entre diciembre y febrero. Esta programación de siembra permite una recolección en el período de abril a junio, lo que coincide con una demanda creciente de productos frescos al comienzo de la primavera.
- **Ciclo de Media Estación:** En áreas del interior y norte de España, se implementa el ciclo de media estación. En este caso, las variedades se siembran entre los meses de abril y mayo. La cosecha se realiza en el intervalo de julio a septiembre, proporcionando un suministro continuo de productos durante los meses de verano hasta el otoño.

- **Ciclo Tardío:** Similar al ciclo de media estación, este ciclo es adoptado en zonas del interior y norte de España. La siembra tiene lugar entre abril y mayo, mientras que la recolección se efectúa entre julio y septiembre. Este ciclo tardío contribuye a mantener un flujo constante de producción durante la época de verano, cuando la demanda sigue siendo alta.
- **Ciclo Muy Tardío:** Identificado en algunas áreas andaluzas y en las comarcas costeras meridionales de Valencia, el ciclo muy tardío se destaca por su siembra en el mes de agosto. Los tubérculos son recolectados en noviembre y diciembre. Este ciclo se alinea con una demanda invernal y permite suministrar productos frescos incluso en los meses más fríos del año.

En resumen, la elección del ciclo de cultivo depende de múltiples factores, como las condiciones climáticas regionales, la demanda del mercado y la disponibilidad de recursos. La adaptación de las variedades y los tiempos de plantación y cosecha en cada ciclo es crucial para maximizar la producción y el rendimiento, garantizando al mismo tiempo la calidad del producto final (Castillo., 2021).

### **3. Características medioambientales**

#### ***3.1. Humedad y precipitación***

Según García (2011), la humedad es vital para el desarrollo de la planta, pero el exceso de agua puede favorecer enfermedades fúngicas y la pudrición de los tubérculos. Las precipitaciones bien distribuidas durante la temporada de crecimiento son ideales. Sin embargo, en las últimas etapas del ciclo, especialmente durante la maduración de los tubérculos, un ambiente más seco ayuda a prevenir problemas de calidad y enfermedades.

El suministro adecuado de agua es esencial para el funcionamiento óptimo de las plantas, ya que influye directamente en su desarrollo y capacidad de producir biomasa. Por otro lado, la insuficiencia de agua puede tener un impacto negativo en los procesos fisiológicos de las plantas, lo que a su vez reduce su rendimiento (Moreno, 2009).

#### ***3.2. Suelo***

Los suelos ideales para el cultivo de patatas son bien drenados, ricos en materia orgánica y con un buen equilibrio de nutrientes. Un suelo bien aireado permite un desarrollo óptimo de los sistemas radiculares y la formación de tubérculos uniformes. Se debe realizar un análisis de suelo para evaluar su composición y ajustar la fertilización según las necesidades específicas del cultivo (Torres., 2010).

### **3.3. Temperatura**

La patata es altamente influenciada por las condiciones climáticas. Se desarrolla mejor en climas templados con temperaturas diurnas moderadas y noches frescas. Temperaturas extremadamente altas pueden llevar a un crecimiento inadecuado de los tubérculos, mientras que temperaturas muy bajas pueden dañar la planta. Además, las heladas tardías pueden perjudicar el desarrollo inicial. Por lo tanto, es crucial seleccionar variedades que se adapten al clima local y planificar las fechas de siembra para evitar condiciones climáticas desfavorables (Escuredo et al., 2018).

### **3.4. Radiación solar**

La radiación solar es esencial para la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo. La cantidad y la intensidad de la luz solar afectan directamente la producción de carbohidratos y, por lo tanto, el tamaño y la calidad de los tubérculos. En áreas con alta radiación solar, es importante gestionar la humedad adecuadamente para evitar el estrés hídrico (Campillo et al., 2012).

### **3.5. Viento**

El viento puede afectar la evaporación y la transpiración de la planta, lo que a su vez puede influir en la demanda de agua y en la pérdida de humedad del suelo. La elección de ubicaciones con cierto grado de protección contra el viento puede ayudar a evitar la deshidratación y el estrés de la planta (Campillo et al., 2012).

### **3.6. Altitud**

La altitud también influye en la producción de patatas. A medida que aumenta la altitud, las temperaturas tienden a ser más frescas, lo que puede afectar el rendimiento y el tiempo de desarrollo de la planta. La selección de variedades adaptadas a altitudes particulares es fundamental para superar estos desafíos (Campillo et al., 2012).

## **4. Plagas**

Es crucial estar al tanto de las plagas específicas que pueden afectar a este cultivo en la zona, siendo las más importantes las siguientes:

- Pulgón de la patata (*Macrosiphum euphorbiae*): Estos insectos chupadores se alimentan de la savia de las plantas, debilitando su crecimiento y propagando virus. El uso de insecticidas selectivos y la introducción de enemigos naturales como mariquitas y parasitoides pueden ayudar a controlar esta plaga (Escuredo et al., 2018).
- Doradilla (*Agriotes lineatus*): Las larvas de este escarabajo se alimentan de las raíces y tubérculos en el suelo, causando daños significativos. La rotación de cultivos, el uso de

trampas y la elección de terrenos con historial mínimo de infestaciones pueden ser medidas preventivas (Escuredo et al., 2018).

- Lepidópteros: Las larvas de ciertas especies de lepidópteros, como la polilla de la patata (*Phthorimaea operculella*) pueden ser plagas dañinas. Estas larvas se alimentan de las hojas y los tubérculos de la patata, lo que puede reducir significativamente la calidad y el rendimiento de la cosecha (Lawrence et al., 2010).
- Escarabajo de la patata: El escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata*), también conocido como el escarabajo de Colorado es una de las plagas más conocidas y dañinas de la patata. Tanto las larvas como los adultos de estos escarabajos se alimentan de las hojas de las plantas de patata, lo que puede resultar en la defoliación de las plantas y la disminución de la producción de tubérculos. Además, los escarabajos de Colorado son resistentes a varios insecticidas, lo que hace que el control sea más desafiante (Lawrence et al., 2010).

## **5. Enfermedades**

Las más importantes son las siguientes:

- Mildiu de la patata (*Phytophthora infestans*): Esta enfermedad fúngica es una preocupación importante para los productores de patatas. Puede causar la defoliación temprana de la planta y la degradación de los tubérculos. El manejo implica el uso de variedades resistentes, rotación de cultivos y programas de aplicación de fungicidas (Smith., 2022).
- Tizón tardío (*Alternaria solani*): Otra enfermedad fúngica que afecta las hojas y los tubérculos, causando manchas y deterioro. La prevención incluye la eliminación de plantas infectadas, el uso de prácticas de manejo adecuadas y la aplicación de fungicidas cuando sea necesario (PlantVille., 2019).
- Virus del enrollamiento de la hoja (PLRV): Este virus se transmite a través de pulgones y puede reducir el rendimiento y la calidad de los tubérculos. La elección de semillas certificadas y la gestión de pulgones son estrategias esenciales para controlar este problema (Salazar., 1997).
- Virus Y de la patata (PVY): Otro virus transmitido por pulgones que puede afectar la calidad y el rendimiento. Las prácticas de manejo incluyen la eliminación de plantas infectadas y el control de pulgones (Henaó et al., 2013).
- Virus del enanismo amarillo de la patata (PYDV): Otra enfermedad viral transmitida por pulgones, que puede causar retraso en el crecimiento y pequeños tubérculos. El manejo adecuado de pulgones y la selección de variedades resistentes son estrategias efectivas (Smith., 2022).

## **6. Laboreo**

El laboreo es una técnica fundamental en la agricultura, y según Smith (2022) su aplicación en el cultivo de patatas es esencial para garantizar un crecimiento saludable y una buena cosecha, estos son los principales aspectos a tener en cuenta:

- **Preparación del suelo:** Antes de la siembra, es crucial preparar el suelo adecuadamente. Esto implica eliminar las malezas, restos de cultivos anteriores y cualquier material orgánico en descomposición. El laboreo inicial, generalmente con unas gradas de disco, ayuda a aflojar el suelo y a incorporar cualquier enmienda orgánica necesaria, como compost o estiércol, para mejorar la estructura del suelo y la fertilidad.
- **Nivelación del terreno:** Es importante que el terreno esté nivelado para garantizar una distribución uniforme del agua de riego y evitar el encharcamiento en algunas áreas. El laboreo puede ayudar a nivelar el terreno, especialmente en terrenos con pendientes pronunciadas.
- **Preparación de camas o surcos:** Dependiendo del método de cultivo seleccionado (en camas o surcos), se puede utilizar el laboreo para crear las estructuras adecuadas. En el cultivo de patatas en camas elevadas, el laboreo puede ayudar a crear y mantener las camas. En el cultivo en surcos, se utilizan implementos para abrir los surcos en el suelo.
- **Mejora de la estructura del suelo:** El laboreo contribuye a romper la compactación del suelo, lo que facilita el crecimiento de las raíces de las patatas y la absorción de nutrientes y agua. Sin embargo, es importante evitar un laboreo excesivo, ya que puede degradar la estructura del suelo a largo plazo (Smith., 2022).
- **Control de plagas y enfermedades:** Durante el proceso de laboreo, es posible incorporar prácticas de control integrado de plagas y enfermedades. Esto puede incluir la eliminación de insectos o larvas que estén presentes en el suelo y la incorporación de tratamientos orgánicos, si es necesario.
- **Siembra:** Una vez que el suelo está preparado, se procede a la siembra de las patatas. Dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas, esto puede hacerse mediante la plantación de semillas enteras (tubérculos) o trozos de los mismos.
- **Cuidado durante el crecimiento:** A medida que las patatas crecen, el laboreo puede continuar siendo una práctica importante. El aporque, que consiste en cubrir parcialmente las plantas con tierra para proteger los tubérculos de la luz y estimular su crecimiento, es una técnica común que involucra el uso de maquinaria agrícola.
- **Cosecha:** Finalmente, al final del ciclo de crecimiento, el laboreo puede utilizarse

para desenterrar las patatas de manera eficiente, evitando daños en los tubérculos.

## **7. Plantación**

Según Smith (2022) estos son los principales aspectos a tener en cuenta:

- **Distancia y profundidad:** Las patatas se plantan a una profundidad que varía según las condiciones locales, pero generalmente se encuentran a unos 10-15 cm de profundidad. La distancia entre las filas y las patatas dentro de las filas también se ajusta según las necesidades, pero suele oscilar entre 30 y 45 cm<sup>2</sup>.
- **Método de plantación:** Las patatas se pueden plantar manualmente o con maquinaria especializada. Se pueden utilizar surcos o camas elevadas, dependiendo de la técnica de cultivo seleccionada. Los trozos de tubérculos se colocan en el suelo con el brote hacia arriba.
- **Espaciado:** Se deben dejar suficientes espacios entre los tubérculos para permitir un buen crecimiento y desarrollo. El espaciado recomendado es de 25 a 30 cm entre las patatas en una misma fila.

## **8. Riego**

El riego es una técnica esencial en el cultivo de patatas, ya que estas plantas requieren una cantidad adecuada y constante de agua para crecer de manera saludable y producir tubérculos de alta calidad.

Según Crosby & Wang (2021), la importancia del riego en el cultivo de patatas:

- **Asegurar un suministro constante de agua:** Las patatas son cultivos que requieren una cantidad constante de agua durante todo su ciclo de crecimiento. El riego adecuado garantiza que las plantas no sufran estrés hídrico, lo que podría reducir el rendimiento y la calidad de los tubérculos.
- **Optimización de la producción:** El riego controlado permite optimizar la producción de patatas al mantener un nivel de humedad constante en el suelo. Esto asegura un desarrollo uniforme de los tubérculos y evita deformidades.
- **Resistencia a condiciones climáticas adversas:** El riego es especialmente importante en regiones donde las precipitaciones son irregulares o insuficientes. Permite a los agricultores hacer frente a condiciones climáticas adversas, como sequías temporales.
- **Tipo de riego:** Los métodos de riego más comunes para el cultivo de patatas incluyen a decisión entre el riego por aspersión y el riego por goteo se basa en diversos

factores, como la disponibilidad de agua y la topografía del terreno.

- Programación del riego: Es esencial establecer un programa de riego que se base en las necesidades de las plantas y en las condiciones climáticas locales. Esto implica monitorear la humedad del suelo y ajustar la frecuencia y la cantidad de riego según sea necesario.
- Uniformidad del riego: Para garantizar un crecimiento uniforme de las patatas, es crucial que el riego se aplique de manera uniforme en todo el campo. Esto requiere una distribución adecuada de los aspersores o emisores de goteo y el mantenimiento regular del sistema de riego.
- Gestión eficiente del agua: El riego eficiente es esencial para conservar los recursos hídricos. Esto implica evitar el desperdicio de agua y evitar el exceso de riego, que podría llevar a problemas como el encharcamiento del suelo y enfermedades radiculares.
- Control de malezas: El riego también puede influir en la proliferación de malezas. Un riego por aspersión bien administrado puede minimizar el crecimiento de malezas en el campo.
- Calidad del agua: La calidad del agua utilizada para el riego es importante. El agua con altos niveles de salinidad o contaminantes puede afectar negativamente el crecimiento de las patatas y debe tratarse o acondicionarse adecuadamente.

## **9. Tecnologías para el control fitosanitario**

El control fitosanitario, tal y como señala García & Pérez (2022) es una parte fundamental de la agricultura moderna que se enfoca en la protección de los cultivos contra plagas, enfermedades y malezas para garantizar la productividad y la calidad de los productos agrícolas.

- Productos Químicos: Utilización de pesticidas y herbicidas para el control de plagas y malezas, siguiendo pautas de seguridad y regulaciones
- Control Biológico: Promoción de organismos beneficiosos para el control sostenible de plagas.
- Control Cultural: Prácticas agronómicas como la rotación de cultivos y la elección de variedades resistentes.
- Control Físico: Empleo de métodos físicos, como trampas y barreras, para limitar plagas.
- Control Genético: Desarrollo de cultivos genéticamente modificados (GM) resistentes a plagas.

- Tecnologías de Monitoreo y Detección: Utilización de sensores remotos y drones para detectar problemas fitosanitarios tempranamente.
- Aplicación de Precisión: Empleo de GPS en pulverizadores y esparcidores para aplicar productos químicos selectivamente.
- Biotecnología: Desarrollo de resistencia a plagas mediante técnicas avanzadas como la edición génica.
- Educación y Asesoramiento: Capacitación en línea para agricultores a través de tecnologías de información y comunicación.

## **10. Fertilización química**

Según apunta Smith (2022) la fertilización química en el cultivo de patatas es una práctica esencial que implica la aplicación de nutrientes específicos en forma de fertilizantes químicos para mejorar el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las patatas.

- Análisis del suelo: Se realiza un análisis para conocer las características y necesidades del suelo.
- Selección de fertilizantes: Los fertilizantes químicos adecuados se eligen en función de las deficiencias del suelo.
- Dosis y equilibrio de nutrientes: Se determina la cantidad precisa de fertilizante y se equilibran los nutrientes.
- Momento de aplicación: Se aplican los fertilizantes antes y durante el ciclo de crecimiento.
- Métodos de aplicación: Los fertilizantes se aplican de diversas maneras según las condiciones del cultivo.
- Monitoreo y ajuste: Se realiza un seguimiento y se ajusta la fertilización según el estado de las plantas.
- Regulaciones y buenas prácticas: Se cumplen las regulaciones y se siguen las buenas prácticas para garantizar la seguridad y el impacto ambiental mínimo.

## **11. Contenido en clorofila SPAD**

El Soil Plant Analysis Development (SPAD) es un dispositivo portátil que se ha convertido en una herramienta esencial en la investigación agrícola debido a su capacidad para medir de manera precisa la concentración de clorofila en las hojas de las plantas. La clorofila es un pigmento fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas, y su concentración es un indicador clave de la salud y el estado nutricional de las mismas.

El medidor SPAD funciona midiendo la transmitancia de la luz a través de una hoja y calculando la cantidad de clorofila presente en función de la cantidad de luz absorbida. Esta medición es rápida, no destructiva y altamente precisa. A través del SPAD, podemos evaluar de manera eficiente la respuesta de las plantas a la aplicación de bacterias fijadoras de N, P y K, ya que nos proporciona información instantánea sobre su capacidad para realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, su salud y estado nutricional (Shibaeva et al., 2020).

## **12. Biofertilizantes basados en microorganismos**

Los biofertilizantes basados en microorganismos son una herramienta valiosa en la agricultura moderna.

1. Microorganismos fijadores de nitrógeno (N): Los biofertilizantes que contienen bacterias fijadoras de nitrógeno son capaces de tomar nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ) del aire y convertirlo en formas utilizables por las plantas, como el amonio ( $NH_4^+$ ) o el nitrato ( $NO_3^-$ ). Estas bacterias, generalmente del género *Rhizobium* o *Azotobacter*, establecen una simbiosis con las raíces de las plantas leguminosas (como frijoles, guisantes y alfalfa) y suministran nitrógeno en forma asimilable, reduciendo así la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

2. Microorganismos solubilizadores de fósforo (P): Los biofertilizantes que contienen microorganismos solubilizadores de fósforo, como las bacterias del género *Bacillus* o *Pseudomonas*, liberan fósforo inmovilizado en el suelo y lo convierten en formas más solubles, como el fosfato inorgánico ( $P_i$ ), que las plantas pueden absorber más fácilmente. Esto es particularmente beneficioso en suelos con deficiencias de fósforo, ya que aumenta la disponibilidad de este nutriente esencial para el crecimiento de las plantas.

3. Microorganismos solubilizadores de potasio (K): Los microorganismos solubilizadores de potasio, como ciertas bacterias y hongos, ayudan a liberar el potasio (K) presente en minerales insolubles en el suelo, como las micas y feldespatos, convirtiéndolo en formas solubles que las plantas pueden absorber. Esto mejora la disponibilidad de potasio, que es esencial para funciones como la regulación del equilibrio hídrico y el desarrollo de tejidos vegetales.

Ventajas de los biofertilizantes basados en microorganismos:

- **Sostenibilidad:** Al reducir la dependencia de fertilizantes químicos, estos biofertilizantes contribuyen a una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.
- **Mejora de la estructura del suelo:** Los microorganismos beneficiosos en estos biofertilizantes también pueden ayudar a mejorar la estructura del suelo al aumentar la materia orgánica y la actividad microbiana.

- Aumento de la resistencia a enfermedades: Algunos de estos microorganismos también pueden desencadenar respuestas de defensa en las plantas, haciéndolas más resistentes a enfermedades.
- Reducción de costos: La aplicación de biofertilizantes puede reducir los costos de fertilización y, al mismo tiempo, mejorar los rendimientos y la calidad de los cultivos (Restrepo-Correa et al., 2017).

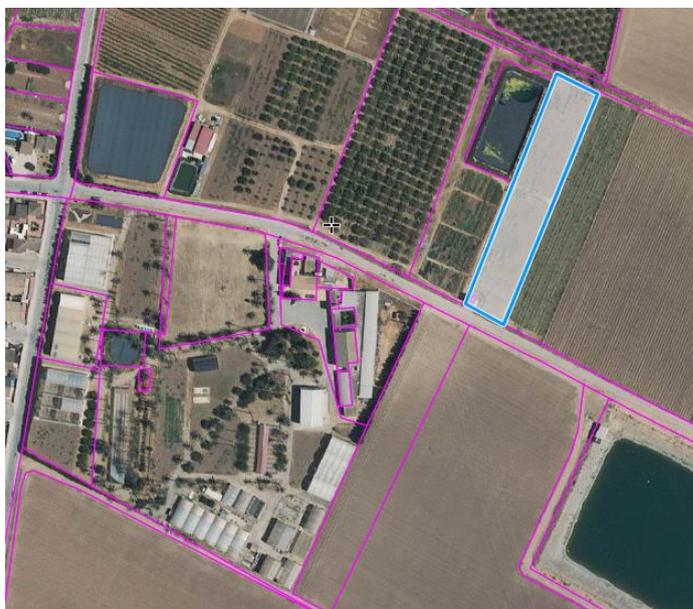
## **II. Objetivo**

El objetivo primordial de este estudio es investigar los efectos de la disminución de fertilizantes en conjunción con la inoculación de microorganismos en el cultivo de patata. Se busca comprender en profundidad cómo la interacción de estos dos factores influye en la producción total y en la calidad intrínseca de los tubérculos de patata. A través de una comparación de distintos tratamientos, se busca identificar y cuantificar los cambios en la producción de patatas, así como en aspectos cruciales de su calidad como el tamaño, la firmeza y el contenido de almidón. El segundo objetivo central de este estudio es explorar la relación entre la reducción de fertilizantes y la aplicación de microorganismos con la prevalencia de enfermedades en los tubérculos de patata. Se pretende analizar cómo la interacción de estos factores puede impactar en la resistencia de las patatas a enfermedades, así como en la incidencia de patógenos específicos en los tubérculos.

### III. Material y Métodos

#### 1. Material vegetal y condiciones de cultivo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agroalimentaria "Tomás Ferro" de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), ubicada en las coordenadas 37° 41' N y 0° 57' O.



**Figura 1.** Ubicación de la parcela experimental en la Estación Experimental Agroalimentaria 'Tomás Ferro', Universidad Politécnica de Cartagena (37° 41' N, 0° 57' O).

Se seleccionó la variedad de patata "Spunta" (*Solanum tuberosum*) como material vegetal para el estudio debido a sus características favorables en rendimiento y calidad de tubérculos.

El área de cultivo utilizada para el ensayo fue de 3.500 metros cuadrados, con 16 parcelas de dimensiones de 35 metros de largo por 5 metros de ancho. Cada parcela elemental, que cubrió un área de 210 metros cuadrados, se asignó a una de las cuatro repeticiones de los cuatro tratamientos establecidos en un diseño experimental aleatorio.

Se mantuvo una densidad de plantación de 50.000 plantas por hectárea. Las patatas fueron sembradas el 16 de diciembre, y su cosecha se extendió desde el 16 de mayo (151 días después de la siembra) hasta el 6 de junio de 2023 (173 días después de la siembra). Esta cosecha experimentó un retraso de más de 20 días en la recolección debido a las lluvias. Durante la recolección, se seleccionaron muestras, un saco de patatas de unos 25 kg aproximadamente para cada uno de los 16 sectores para posteriormente evaluar el rendimiento, la calidad de los tubérculos (el almidón, firmeza y tamaño) y la incidencia de plagas y enfermedades.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

1. Control 100 %: Este tratamiento recibió una fertilización estándar de 100 kg/ha de nitrógeno (N), 43,75 kg/ha de fosfato (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 200 kg/ha de potasio (K<sub>2</sub>O).
2. Reducción del 50 % en Fertilización: Los tres tratamientos restantes consistieron en reducir en un 50 % las dosis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O del tratamiento de control.
3. Tratamiento con Nuve: Este tratamiento recibió la reducción del 50 % en la fertilización y se aplicó el producto comercial Nuve. La formulación de bacterias y hongos no micorrícicos se basó principalmente en una mezcla de PGPR y hongos beneficiosos como Bacillus, Azotobacter y hongos no micorrícicos. Se realizaron tres aplicaciones del producto en las fechas 01/03/2023, 15/03/2023 y 29/03/2023 a una dosis de 1000cc/ha en cada fecha.
4. Tratamiento con Bactoneco: Junto con la reducción del 50 % en la fertilización, se aplicaron tres productos Bactoneco: Bactoneco N, Bactoneco K y Bactoneco P. La formulación de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo y potasio se basa principalmente en bacterias promotoras del crecimiento de plantas en la rizosfera (PGPR) como Azospirillum, Pseudomonas y Bacillus. Se realizaron dos aplicaciones de cada uno de los productos anteriores en las fechas 01/03/2023 y 15/03/2023, a una dosis de 100cc/ha de cada una.

Las dosis aplicadas de los productos fitosanitarios y las fechas de aplicación son las que recoge el Anexo II.



**Figura 2.** Daños de alternaria en el cultivo de patata el 22 de abril en la Estación Experimental Agroalimentaria 'Tomás Ferro', Universidad Politécnica de Cartagena (37° 41' N, 0° 57' O).

## 2. SPAD

La evaluación de la concentración de clorofila en las hojas de las plantas se llevó a cabo utilizando un medidor SPAD en tres momentos a lo largo del período de estudio. Estas mediciones se realizaron el 26 de febrero, el 12 de marzo y el 28 de marzo, lo que permitió obtener información relevante sobre el estado nutricional y la salud de las plantas en distintas fases del ciclo de cultivo.



**Figura 3.** Medición de la concentración de clorofila con el medidor SPAD el 20 de febrero en la Estación Experimental Agroalimentaria 'Tomás Ferro', Universidad Politécnica de Cartagena (37° 41' N, 0° 57' O).

Para garantizar la representatividad de las mediciones, se seleccionaron 10 plantas por sector para cada una de las tres ocasiones de medición. Cada grupo de 10 plantas representaba dos plantas por cada caballón de los 5 caballones presentes en cada uno de los 16 recintos de estudio. Además, se llevó a cabo una medición minuciosa en cada una de esas plantas, evaluando la concentración de clorofila en tres hojas diferentes, y en cada hoja se tomaron lecturas en tres puntos distintos: en el ápice, en el punto medio y en la zona posterior de la hoja.

Esta estrategia de muestreo permitió obtener datos detallados y precisos sobre la concentración de clorofila en las hojas de las plantas en diferentes ubicaciones dentro de cada planta y en distintos momentos a lo largo del ciclo de cultivo. Estos datos proporcionan una visión completa de la variabilidad en la concentración de clorofila y su evolución en las plantas a medida que avanzan en su desarrollo, brindando una valiosa información para comprender la respuesta de las plantas a las condiciones de cultivo.

### **3. Climatología**

El presente estudio se llevó a cabo a lo largo de un período de 173 días en la región de Cartagena, con el objetivo de analizar los factores climáticos que influyen en el cultivo de patata. La información recopilada incluye datos sobre evapotranspiración, horas de sol, humedad relativa, presión de vapor, precipitación, temperatura, radiación solar y velocidad del viento. Estos factores son de suma importancia para comprender su impacto en el desarrollo y rendimiento de las plantas de patata:

- ETO\_PM\_FAO (Evapotranspiración): Durante este periodo, se registró una

evapotranspiración de 750.05 mm. Un valor tan alto de evapotranspiración indica una alta demanda de agua por parte de las patatas y puede requerir un riego más frecuente y abundante para mantener la humedad del suelo adecuada.

- HSOL (Horas de Sol): Se registraron un total de 2174 horas de sol durante el periodo estudiado.
- HRMAXABS (%), HRMAX (%), HRMED (%), HRMIN (%): Los valores de humedad relativa del aire fueron del 94.3%, 85.44%, 65.48% y 27.51%, respectivamente. La humedad relativa influye en la transpiración de las plantas y la pérdida de agua del suelo. Un equilibrio adecuado de humedad puede ser beneficioso para el crecimiento saludable de las patatas.
- DPV (Kpa): Se registró una presión de vapor de 0.85 Kpa. La presión de vapor es una medida importante de la humedad atmosférica y afecta la tasa de transpiración de las plantas.
- PRECMAX (mm) y PREC (mm): La precipitación máxima registrada fue de 26.8 mm, mientras que la precipitación total fue de 115.2 mm. La cantidad de precipitación es crucial para el cultivo de patata y puede afectar el desarrollo del sistema radicular y la disponibilidad de agua en el suelo.
- DEWPT (°C): La temperatura de punto de rocío fue de 10.63 °C.
- RADACU (MJ/M2), RADMAX (w/m2), RADMED (w/m2): La radiación acumulada fue de 4298.71 MJ/M2, la radiación máxima fue de 1377 w/m2 y la radiación media fue de 237.58 w/m2.
- RRMAX (w/m2) y RRMED (w/m2): Los valores de radiación solar máxima y media no están disponibles.
- RVIENTO (km/día): La velocidad máxima del viento registrada fue de 635.75 km/día.
- TMAX (°C), TMIN (°C), TMED (°C): Las temperaturas máximas, mínimas y medias registradas fueron de 30.02 °C, 6.37 °C y 17.89 °C, respectivamente.
- VVMAX (m/s) y VVMED (m/s): La velocidad máxima y media del viento fueron de 14.7 m/s y 0.88 m/s, respectivamente.
- DVMED (°) y ETI. Viento: El valor medio de la dirección del viento fue de 87.9 ° E. La dirección "E" en la columna "ETI. Viento" representa la dirección Este.

Estos datos climáticos son cruciales para los agricultores de la región de Cartagena, ya que les permiten tomar decisiones informadas en cuanto al riego y manejo de nutrientes, lo que a su vez puede influir en la optimización de la producción y calidad de los tubérculos cosechados en un año específico.

#### **4. Fertilización**

Los abonos utilizados en los distintos tratamientos fueron los siguientes:

Abono N-P-K 13-40-13: Este abono proporciona una relación de nutrientes adecuada para promover el desarrollo óptimo de raíces y tubérculos, al ser rico en fósforo y potasio, componentes fundamentales para el crecimiento y la calidad de la patata.

Abono nitrato de magnesio N-Mg 13,5-15,60: Este abono aporta nitrógeno y magnesio, dos elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, así como para la síntesis de clorofila y otros compuestos importantes.

Abono nitrato potásico N-K 13,5-46,5: Este abono contiene nitrógeno y potasio, dos nutrientes cruciales para el desarrollo de la planta y la formación de tubérculos.

Se realizaron cuatro tratamientos de abonado en el estudio, siendo cada uno con diferentes proporciones de nutrientes.

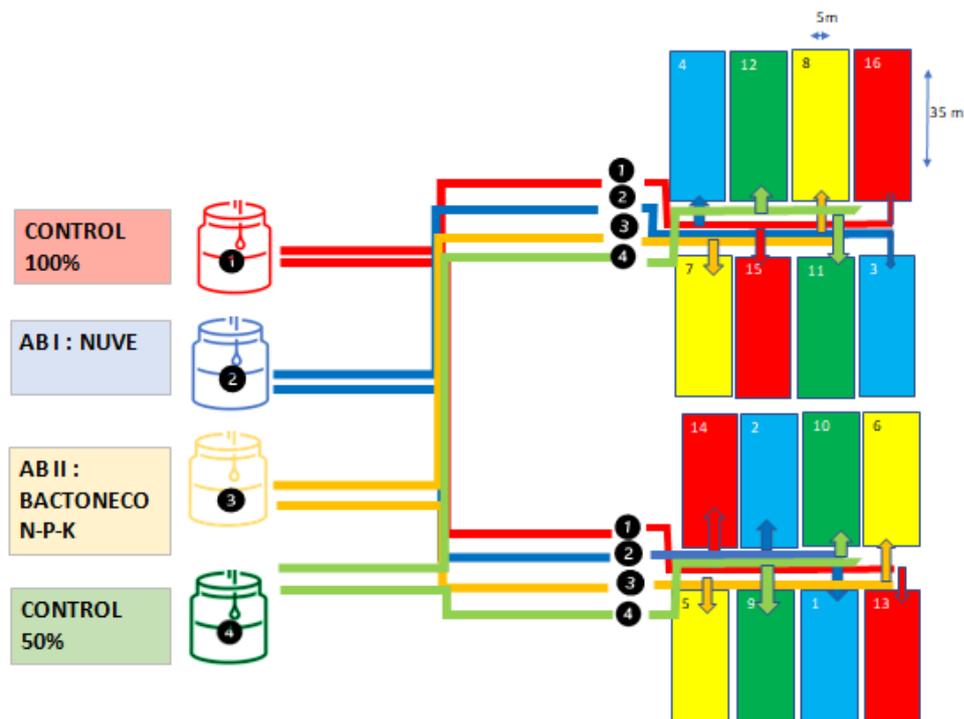
Estos tratamientos permitieron evaluar el impacto de diferentes proporciones de nutrientes y la adición de productos comerciales (Bactoneco y Nuve) en el rendimiento y calidad del cultivo de patatas. Al tener cada tratamiento abonadoras distintas, se garantizó una aplicación precisa y específica de los fertilizantes en cada caso, lo que contribuyó a obtener resultados más confiables y significativos para el estudio.

#### **5. Sistema de riego**

Durante el desarrollo del estudio, se implementó un sistema de riego utilizando cintas de riego autocompensantes de 1 l/h. Cada parcela experimental contaba con cinco caballones, y se estableció una separación de un metro entre cada caballón. La longitud total de cada cinta de riego fue de 35 metros por tratamiento.

Además, la parcela de cultivo se dividió en 16 sectores, siendo 4 para cada tratamiento. Cada tratamiento tuvo asignadas abonadoras distintas para aplicar los fertilizantes correspondientes. Esta división en sectores permitió una mejor organización y manejo del ensayo, asegurando que cada tratamiento recibiera el abonado específico diseñado para él.

El sistema de riego y la división en sectores fueron cruciales para controlar de manera precisa las condiciones del cultivo. Las cintas de riego autocompensantes se utilizaron para proporcionar una cantidad precisa de agua y distribuir el riego uniformemente. Esto fue esencial debido a las necesidades hídricas de las patatas. La división en sectores permitió la aplicación específica de abonos para evaluar con precisión el impacto de los tratamientos, lo que fortaleció la validez de los resultados del estudio.

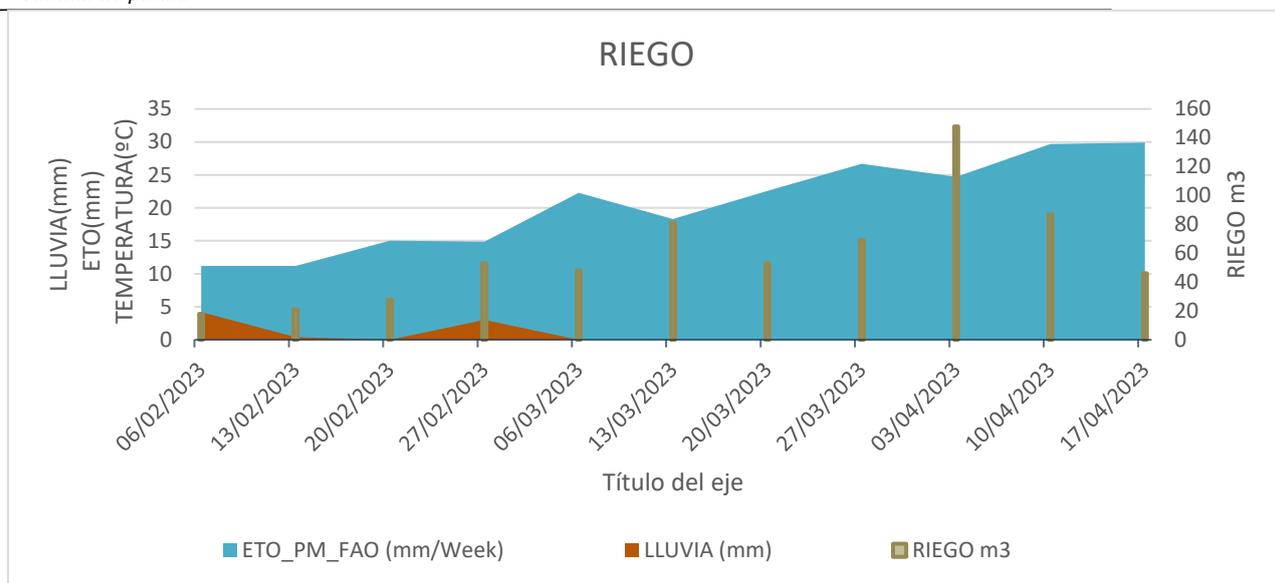


**Figura 4.** Esquema del sistema de riego por goteo implementado en el estudio, que muestra la distribución sectorizada utilizada para la aplicación de tratamientos de fertilización.

Durante el desarrollo del estudio, se llevó a cabo el cálculo del tiempo de riego mediante la evapotranspiración y la pluviometría. Esta aproximación se realizó semanalmente, sumando los tiempos de aplicación resultantes en cada fase del cultivo. Para lograr una gestión eficiente del riego, se utilizaron coeficientes específicos para cada etapa de desarrollo de la patata, siendo estos los siguientes:  $K_c$  fase 1 = 0.75,  $K_c$  fase 2 = 1.15,  $K_c$  fase 3 = 1,  $K_c$  fase 4 = 0.9,  $K_c$  fase 5 = 0.8 y  $K_c$  fase 6 = 0.75 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2005). La metodología utilizada para el cálculo del tiempo de riego se recoge en el Anexo III.

Además, en los cálculos se tomaron en cuenta factores como  $K_r$  ( $K_r$  = Coeficiente de área sombreada) = 0.7,  $E_a$  (eficiencia de aplicación) = 0.9,  $CU$  (coeficiente de uniformidad) = 0.9,  $q_e$  (descarga nominal del emisor) = 1 l/h,  $d_1$  (separación entre emisores) = 0.2 m y  $d_2$  (separación entre líneas) = 1 m para asegurar la precisión de los resultados. Estos esfuerzos permitieron determinar los tiempos óptimos de riego en cada etapa del ciclo de cultivo de la patata (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2005)

La evapotranspiración (ETO) y la precipitación (mm por semana) fueron elementos cruciales para determinar la cantidad de riego necesaria. En la gráfica siguiente se presentan estos valores, así como el volumen de riego (m<sup>3</sup>) correspondiente en cada semana:



**Figura 5.** Gráfico que presenta la evapotranspiración y la precipitación diaria junto con el volumen de riego correspondiente aplicado durante cada semana del ciclo de cultivo de la patata.

## 6. Valoración de la producción

### 6.1. Rendimiento

La recolección fue efectuada cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica. En esta etapa, se realizó una cosecha de todas las plantas en cada uno de los cuatro sectores correspondientes a cada tratamiento. Cada sector se recolectó por separado para garantizar la precisión de los datos recopilados y evitar mezclar patatas de diferentes tratamientos.

Una vez que se ha sacado la patata con el tractor de un sector, se procedió a la recogida en sacos de 25 kg aproximadamente, cada patata se inspeccionó visualmente para asegurarse de que estaba en buenas condiciones y libre de daños. Luego, los sacos de patatas se pesaron utilizando balanzas precisas y calibradas. El peso individual de cada saco se registra con precisión, y la suma de los pesos de todas las patatas en el sector da como resultado el peso total de patatas cosechadas en ese sector específico.

Una vez que se pesó cada sector para todos los tratamientos, se calculó el rendimiento en términos de peso de patatas cosechadas. Para cada tratamiento, el peso total de patatas recolectadas se suma para los cuatro sectores correspondientes, lo que proporciona el rendimiento total del tratamiento.

### 6.2. Incidencia de plagas

El proceso detallado de visualización de dos plagas específicas, la doradilla y la *Rhizoctonia*, en el cultivo de patatas:

Después de la cosecha, se seleccionaron al azar 30 patatas de cada sector. Este proceso de selección aleatoria garantiza que la muestra sea representativa de las patatas cosechadas en ese sector y tratamiento específico.

Las 30 patatas seleccionadas se limpian cuidadosamente para eliminar cualquier tierra, restos vegetales u otros residuos que puedan afectar la visualización precisa de plagas. Las patatas se lavan con agua suave o se frotran suavemente para asegurarse de que estén limpias y libres de suciedad.

Cada patata se inspecciona de manera individual, buscando signos visibles de la presencia de doradilla y daño por *Rhizoctonia*. Para la doradilla, se buscan los característicos agujeros. Para la *Rhizoctonia*, se examinan las patatas en busca de manchas negras en la superficie del tubérculo.

Se considera que este proceso es similar para los cuatro tratamientos y los cuatro sectores de cada tratamiento.



**Figura 6.** Esta imagen muestra el resultado de la inspección individual de patatas seleccionadas, resaltando los daños causados por las plagas doradilla y *Rhizoctonia*. Los daños de doradilla se identifican por agujeros característicos y están marcados en azul, mientras que los daños de alternaria, indicados por manchas negras, están marcados en rojo.

Cada vez que se identifica una patata con signos de plagas, se registra la información correspondiente en un formulario o una hoja de registro. Esto incluye la ubicación (tratamiento y sector) de la patata en cuestión, así como una descripción detallada de los síntomas observados.

### **6.3. Firmeza**

La medición de la firmeza en patatas es un procedimiento importante para evaluar la calidad y la textura de las patatas cosechadas. En este proceso, se utilizó un penetrómetro con una punta de 8 mm de diámetro para medir la resistencia ofrecida por las patatas. A continuación, se presenta un desglose detallado de cómo se llevó a cabo la medición de firmeza en las patatas, utilizando el penetrómetro, con 10 patatas seleccionadas por sector para cada uno de los cuatro tratamientos y

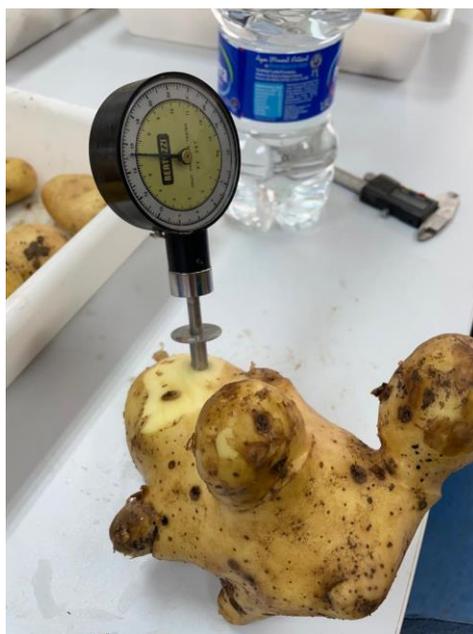
cuatro sectores previamente mencionados.

Después de la cosecha y la visualización de plagas, se seleccionaron 10 patatas al azar de cada sector dentro de cada tratamiento. Estas patatas se utilizaron para la medición de firmeza con el penetrómetro.

El penetrómetro utilizado en este estudio tenía una punta con un diámetro de 8 mm. Se aseguró que el instrumento estuviera calibrado y en buen estado antes de comenzar las mediciones. La calibración garantiza resultados precisos y coherentes.

Para medir la firmeza, se cortó un pequeño trozo de la piel de cada patata en la ubicación donde se realizaría la medición. Este corte permitió que la punta del penetrómetro tuviera un contacto directo con la pulpa de la patata. La punta del penetrómetro se insertó perpendicularmente en la patata hasta cierta profundidad y luego se detuvo.

Una vez que la punta del penetrómetro se detuvo en la patata, se registró la resistencia (en kilogramos) necesaria para perforar la pulpa. Esta resistencia se debe a la firmeza de la patata. La fuerza de resistencia se divide por la superficie de la punta del penetrómetro (0,5 cm<sup>2</sup>) para calcular la firmeza en unidades de presión (kg/cm<sup>2</sup>).



**Figura 7.** Fotografía que muestra la técnica de medición de la firmeza de la patata utilizando un penetrómetro.

Se registró el valor de firmeza obtenido para cada patata medida. Estos valores se asociaron con la ubicación de la patata (tratamiento y sector) para permitir un análisis posterior.

Los valores de firmeza obtenidos para las 10 patatas de cada sector se promediaron para calcular la firmeza promedio de ese sector en términos de kg/cm<sup>2</sup>. Estos promedios se compararon entre los cuatro tratamientos y sectores para identificar cualquier patrón o diferencia significativa en la firmeza.

#### **6.4. Almidón**

El cálculo del contenido de almidón en patatas mediante la medición de densidad es un método utilizado para estimar la concentración de almidón en el tejido de las patatas. A continuación, describo en detalle cómo se llevó a cabo el proceso de cálculo, utilizando los datos de peso de 10 patatas por sector para cada uno de los cuatro tratamientos y sectores previamente mencionados.

Después de la medición de firmeza, se seleccionaron 10 patatas al azar de cada sector dentro de cada tratamiento. Estas patatas se pesaron individualmente para obtener su peso inicial (AP - Peso antes de poner en agua).

Una vez que se registraron los pesos iniciales, las patatas se sumergieron completamente en agua. Después de la inmersión, las patatas se volvieron a pesar para obtener su peso sumergido (AB - Peso después de poner en agua).

Según Soto-Gómez (2020), la densidad se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = (AP - AB) / ((AP - AB) - (WP - WB))$$

Donde:

AP = El peso de las patatas y la cesta en el aire

AB = El peso de la cesta en el aire

WP = La cesta con las patatas se sumerge y se espera hasta que el peso sea constante antes de registrarlo

WB = El peso de la cesta en el agua

Con el valor de densidad calculado, se procede a estimar el contenido de almidón utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Almidón} = (216.61 \times \text{Densidad}) - 219.81$$

Se registra el contenido de almidón calculado para cada una de las 10 patatas de cada sector.



**Figura 8.** Imagen que ilustra el método empleado para determinar la densidad de la patata, lo cual es utilizado para estimar el contenido de almidón a través de una fórmula específica.

Los resultados del contenido de almidón proporcionan información sobre la composición nutricional y la calidad de las patatas en cada tratamiento y sector. Los datos obtenidos pueden interpretarse para comprender cómo las prácticas agrícolas y las condiciones de cultivo pueden haber influido en el contenido de almidón.

### **6.5. Peso y tamaño**

La medición de peso, tamaño y cálculo de densidad en patatas es un proceso crucial para evaluar la estructura y las características físicas de las patatas cosechadas. Aquí se describe en detalle cómo se llevó a cabo este proceso utilizando un pie de rey para medir las dimensiones de 10 patatas de cada sector, dentro de cada uno de los cuatro tratamientos y sectores mencionados previamente.

Después de las mediciones anteriores, se seleccionaron 10 patatas al azar de cada sector dentro de cada tratamiento. Estas patatas se sometieron a mediciones de tamaño y peso para evaluar su estructura física.

Cada patata se midió en tres ejes perpendiculares: largo (eje mayor), ancho (eje mediano) y alto (eje menor). Estas medidas permiten una descripción tridimensional completa de la forma de la patata.

El volumen de cada patata se calculó utilizando la fórmula de la esfera elipsoidal:

$$\text{Volumen} = (4/3) * \pi * (\text{medida1} / 2) * (\text{medida2} / 2) * (\text{medida3} / 2)$$

Donde:

medida1 = Medida en el eje largo

medida2 = Medida en el eje ancho

medida3 = Medida en el eje alto

$\pi$  = Constante Pi (aproximadamente 3.14159)

Cada patata se pesó individualmente para obtener su peso en gramos.

La densidad de cada patata se calculó dividiendo su peso entre su volumen:

Densidad = Peso / Volumen

Se registraron los valores de tamaño, peso, volumen y densidad para cada una de las 10 patatas de cada sector.

## **7. Análisis estadístico**

Para el tratamiento estadístico de los datos recogidos en este estudio se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). SPSS es una herramienta de análisis estadístico avanzado que facilita una amplia gama de procedimientos. El software permite la manipulación y transformación de datos, proporcionando opciones para análisis descriptivos, inferenciales y predictivos. Los procedimientos específicos utilizados en este estudio incluyen:

**Análisis de Varianza (ANOVA):** Para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos aplicados a las parcelas experimentales.

**Pruebas Post hoc de Tukey:** Para realizar comparaciones múltiples entre los grupos de tratamientos y discernir cuáles difieren entre sí.

**Análisis Multivariado:** Para evaluar simultáneamente el efecto de los tratamientos sobre varias variables de respuesta.

El software se ha utilizado extensivamente en investigación agrícola y ha sido esencial para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

La elección de SPSS para el análisis de datos se justifica por su capacidad para manejar grandes conjuntos de datos y su flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas del diseño experimental de este estudio.

## IV. Resultados y Discusión

### 1. Producción

Los datos de las medias (kg/ha) correspondientes a los diferentes tratamientos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Promedio y desviación estándar de los resultados de producción y calidad de la patata en los diferentes tratamientos

	BACTONECO	CONTROL 100%	CONTROL 50%	NUVE	F ANOVA
Producción (kg/m <sup>2</sup> )	3,667 ± 1,44	3,687 ± 2,85	3,655 ± 3,51	3,914±0,83	1,040
Tamaño (cm <sup>3</sup> )	220,71 ± 127,49	151,35 ± 40,21	213,24 ± 66,04	278,41 ± 140,13	1,032
Firmeza (Kg/cm <sup>2</sup> )	15,42 ± 0,76 b	13,13 ± 0,11 a	14,79 ± 0,78 b	15,99 ± 0,68 b	14,612
Contenido de almidón (%)	20,5 ± 8,1	21 ± 1,41	20,25 ± 0,5	21,25 ± 1,5	0,048

Los resultados indican que no hay diferencias significativas en la producción de patatas entre los tratamientos. Aunque el tratamiento "NUVE" muestra la producción más alta en kg/ha en comparación con los otros tratamientos. Esto puede estar relacionado con la eficacia de los tratamientos aplicados en términos de mejora del rendimiento de las patatas (tabla 1).

Si nos centramos en la comparación con los países europeos más relevantes en la producción de patata, nuestros resultados son mucho mejores que en Italia y en Portugal pero un poco por debajo de Bélgica Y Países Bajos. Por ejemplo, el valor medio de esta serie histórica de datos (2.000-2.019) para Bélgica es de 44.319 kg/Ha., Países Bajos 43.564 kg/ha., Francia 42.395 kg/ha., Alemania 41.896 kg/ha., Italia 25.540 kg/ha., Portugal 17.383 kg/ha. [Fuente: FAOSTAT]

En cuanto a la Región de Murcia, el Campo de Cartagena acapara la mayor producción de patata en la región. En 2021, se cultivaron 4.592 hectáreas de patata, con una producción total de 36.721 kg/ha de media, siendo nuestro cultivo con NUVE superior a esa media. [Fuente: FAOSTAT]

Más concretamente en la variedad "Agria", se valora su rendimiento a distintas densidades de plantación, llegando a la conclusión de que la densidad no es influyente en el rendimiento. Además consiguiendo rendimiento semejantes a los nuestros (3,26 a 3,95 kg/m<sup>2</sup>) (Robles et al., 2008).

Por lo que valoramos positivamente el rendimiento de nuestra producción, estableciéndose en valores normales para la variedad Agria y para la producción de patatas en el Campo de Cartagena.

## **2. Firmeza**

Además, se realizó la medición de la firmeza de las patatas mediante el uso de un penetrómetro, expresando los resultados en kg/cm<sup>2</sup> de la superficie del pistón (0,5 cm<sup>2</sup>). Los datos se muestran en la tabla 1.

La firmeza de la carne mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $F = 14.612$ ,  $p < 0.001$ ), teniendo una diferencia significativa por su bajo valor el tratamiento 100% (tabla 1). El tratamiento "NUVE" además presentó la mayor firmeza, lo que sugiere una mejor calidad estructural del tubérculo en comparación con los otros tratamientos (tabla 1).

La firmeza de las patatas es un indicador clave de su calidad postcosecha. La firmeza de las patatas está relacionada con la tasa de pérdida de agua y la textura. Es importante considerar que la firmeza es un parámetro de calidad deseado para los fines de comercialización y procesamiento.

Un estudio por la empresa Symborg en 2015 hizo un estudio con micorrizas y con un estudio sobre la variedad Spunta en el Campo de Cartagena, nuestros valores de firmeza están un poco por encima, ya que en el muestreo de 50 patatas en la plantación testigo tuvieron 13,22 kg/cm<sup>2</sup> de firmeza y en otras 50 patatas en las micorrizas tuvieron 15,59 kg/cm<sup>2</sup> (García et al., 2015).

Desde la perspectiva de las industrias de transformación, la calidad de los productos está influenciada por diversos factores. Estos pueden clasificarse en tres categorías principales: aquellos que afectan al rendimiento y al costo, aquellos que influyen en el costo y la calidad intrínseca del producto, y aquellos que impactan directamente en la calidad final del producto. Por ejemplo, la determinación de la tolerancia de defectos y los descuentos de precios se basa en el porcentaje de peso dañado, evaluado mediante muestras extraídas de cada lote (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004).

La firmeza de las patatas, por otro lado, se considera un factor crucial que afecta la calidad del producto final. Se evalúa mediante métodos como la firmeza al cocer, así como la textura y la harinosidad (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004).

## **3. Almidón**

Asimismo, se midió el almidón a través de la densidad en un conjunto de 8 patatas, expresando los resultados en gramos (g). Los datos se presentan en la tabla 1.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de almidón entre los distintos tratamientos ( $F = 0.048$ ,  $p = 0.986$ ), indicando que los tratamientos no afectaron a este parámetro de calidad (tabla 1). Los datos además indican que "NUVE" tiene el contenido de almidón más alto en términos de porcentaje (tabla 1).

La medición del contenido de almidón en las patatas es relevante para determinar su idoneidad para diferentes usos culinarios. La cantidad de almidón en las patatas afecta directamente a su textura y sabor al cocinarlas. La variabilidad en el contenido de almidón puede influir en la elección de variedades de patata para usos específicos, como freír o hacer puré.

Investigaciones previas seleccionaron tubérculos frescos, ya sean redondos u ovalados, que no presentaran signos de podredumbre o daños físicos y cuya forma fuera uniforme. Estos tubérculos se almacenaron lejos de cualquier fuente de luz durante aproximadamente 24 horas en un entorno controlado. Se observó que, en promedio, estos tubérculos contenían un 18,8% de almidón, un valor que nuestra investigación ha logrado superar (Liu et al., 2021).

Desde la perspectiva de las industrias de transformación, el contenido de almidón se considera un factor importante que influye en la calidad del producto final. Para evaluar y aplicar este factor de manera efectiva, se emplean métodos de valoración y aplicación operativa específicos como la cuantificación del almidón y testaje de fritura, teniendo como referencia un 12% de almidón, 80% agua y el 8% restante pulpa (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004).

Nuestros valores superan ese 12% en más de un 170% para todos los casos, siendo estos muy homogéneos, estando entre el 20,25 % y el 21,25 % (tabla 1).

#### **4. Tamaño**

Finalmente, se efectuaron mediciones de peso y tamaño de las patatas, calculando el volumen y densidad de las patatas por tratamientos. Los datos se encuentran en la tabla 1.

Aunque hay diferencias numéricas entre los tratamientos, con NUVE mostrando el tamaño medio más grande y CONTROL 100% el más pequeño, la prueba estadística indica que estas diferencias no son significativas (tabla 1).

El tamaño y el peso de las patatas pueden ser importantes para los productores y comercializadores, ya que influyen en los rendimientos y la clasificación de las patatas.

Para las industrias de transformación, el tamaño se enmarca dentro de los factores que influyen en el rendimiento y en los costos. Se establece un rango de tamaño aceptable, con un diámetro mínimo de 40 mm y un máximo de 90 mm, con un margen de tolerancia del 3%. Es fundamental que las unidades cumplan con ciertos criterios de calidad, como ser de la misma variedad, estar maduras, sanas, firmes, sin germinar y sin presentar olores ni sabores anormales. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2004).

Calibre mínimo: 40 mm.

Volumen estimado  $\approx (4/3) * \pi * (20 \text{ mm})^3 \approx 33,493 \text{ cm}^3$ .

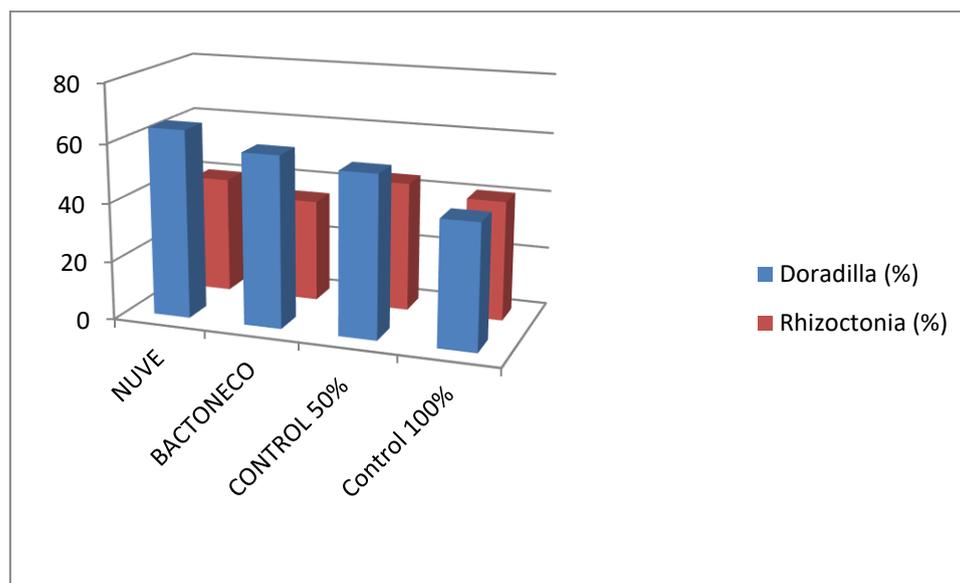
Calibre máximo: 90 mm.

Volumen estimado  $\approx (4/3) * \pi * (45 \text{ mm})^3 \approx 381,509 \text{ cm}^3$ .

Nuestros valores van desde 151,35 cm<sup>3</sup> el tratamiento control 100% hasta 278,41 cm<sup>3</sup> el tratamiento "NUEVE" (tabla 1), entrarían dentro de los límites aceptados comercialmente por la industria de transformación.

## 5. Incidencia de plagas

En cuanto a las mediciones de plagas y enfermedades, se expresan en porcentajes (%). Los resultados se presentan en la siguiente figura:



**Figura 9.** Esta figura muestra la presencia y el tipo de plagas observadas en el cultivo de patatas.

Los porcentajes de plagas varían significativamente entre los tratamientos, con los niveles más bajos observados en el tratamiento "Control 100%" (figura 9). Esto sugiere que este tratamiento ha logrado un mejor control de plagas, lo que podría estar relacionado con la aplicación de productos químicos o prácticas de manejo más rigurosas.

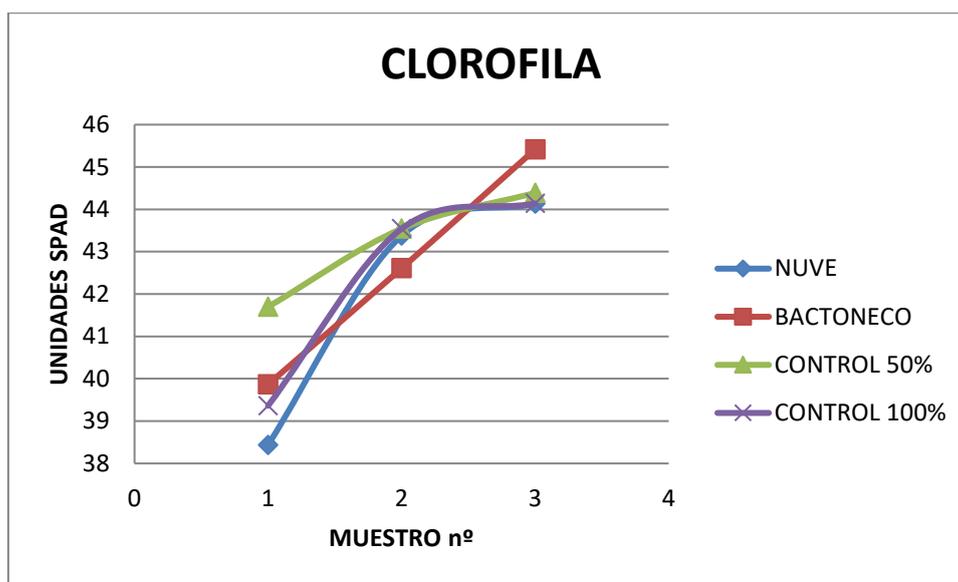
La gestión de plagas en la agricultura es un desafío importante. Los resultados coinciden con investigaciones previas que han demostrado que la no aplicación adecuada de insecticidas como el lambda cihalotrin puede aumentar la incidencia de *Agriotes* spp. (doradilla o gusano alambre). Cuando la población de gusanos es alta, puede causar daños significativos, llegando incluso a afectar hasta el 50% de la producción. Además, las heridas causadas por las larvas pueden facilitar la entrada de enfermedades, como la *Rhizoctonia* (Bienvenido et al., 2020).

Desde la perspectiva de las industrias de transformación, la incidencia de plagas se clasifica como un factor que afecta tanto el costo como la calidad intrínseca del producto final. Se establece un límite de tolerancia del 3% en cuanto a la presencia de plagas y enfermedades, lo que indica la importancia de controlar estos aspectos para mantener la calidad del producto y evitar pérdidas económicas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2005).

Nuestros valores tanto en plagas como en enfermedades sobrepasan en gran medida esa tolerancia, por lo no que nuestras patatas recolectadas no serían comerciales para la industria de transformación (figura9).

## 6. Contenido de clorofila (SPAD)

En el contexto del presente estudio, se llevaron a cabo mediciones no destructivas utilizando el medidor de clorofila SPAD para evaluar los niveles de clorofila en las hojas de las plantas:



**Figura 10.** Gráfico que ilustra la cantidad de clorofila medida en tres fechas: el 26 de febrero, el 12 de marzo y el 28 de marzo.

En cuanto a las mediciones de clorofila (SPAD), se observa un patrón interesante en los diferentes tratamientos. En las primeras muestras, el tratamiento "NUVE" muestra valores iniciales más bajos en comparación con los otros tratamientos, lo que podría indicar un menor contenido de clorofila en las hojas en ese momento. Sin embargo, a medida que avanza el tiempo y se realizan más mediciones, "NUVE" comienza a igualarse con los otros tratamientos en términos de niveles de clorofila. Por otro lado, el tratamiento "BACTONECO" muestra un patrón de aumento progresivo en los valores de SPAD a lo largo de las mediciones, y finalmente, supera a los demás tratamientos, convirtiéndose en el tratamiento con los valores de clorofila más altos.

Los tratamientos "100%" y "50%" muestran una tendencia de aumento más rápida en las mediciones iniciales, pero después de la tercera muestra, sus valores de SPAD tienden a estabilizarse y se mantienen por debajo del tratamiento "BACTONECO".

En resumen, los resultados sugieren que el tratamiento "BACTONECO" tiene un impacto positivo en el contenido de clorofila de las plantas a lo largo del tiempo, superando a los otros tratamientos en términos de niveles de clorofila. A pesar de su inicio con valores más bajos, el tratamiento "NUVE" logra igualarse con los demás tratamientos en mediciones posteriores. Estos

hallazgos proporcionan información valiosa sobre cómo estos tratamientos afectan la salud de las plantas y su capacidad fotosintética, lo que puede ser relevante para la gestión de cultivos en el futuro.

Haverkort & McKerron (2000) propusieron, para inicio de tuberización, que el cultivo de la patata debería superar a 43 SPAD para que el cultivo no presente deficiencias nutricionales. Los valores determinados para nuestro cultivo se ubicaron por encima del umbral.

Según Giletto (2006), la tendencia en los valores promedio de estudios similares, específicamente en el rango comprendido entre 39 y 45 unidades SPAD, exhibe una proximidad notable en el contexto de nuestro estudio centrado en la patata.

## **7. Analisis financiero**

Se ha llevado a cabo una evaluación financiera exhaustiva para cada una de las opciones de tratamiento en nuestro estudio, con el objetivo de determinar su viabilidad y rentabilidad en un contexto agro-industrial (Anexo I). En esta evaluación se consideraron las siguientes opciones:

Opción 1: Tratamiento Control (100%)

Opción 2: Tratamiento Control 50%

Opción 3: Tratamiento Nuve (Control 50% + Nuve)

Opción 4: Tratamiento Bactoneco (Control 50% + Bactoneco)

El análisis se basó en la realización de tres cosechas anuales, que se consideran esenciales para aumentar la rentabilidad en un entorno industrial. Los resultados demostraron que todas las opciones son económicamente viables y pueden autofinanciarse con los ingresos generados.

Específicamente, la Opción 3 se destacó como la más rentable entre las tres evaluadas. Esto se atribuye principalmente al rendimiento medio significativamente superior (3,91 kg/m<sup>2</sup>/ciclo) en comparación con el Tratamiento Control (Opción 1). Y también el costo de inversión no es el mayor para la opción 3, el mayor rendimiento del Tratamiento NUVE resulta en ingresos mayores.

La recuperación de la inversión y la obtención de beneficios son especialmente notables en la Opción 3 (Tratamiento 3), con un período de recuperación de solo 10 años. Esto se debe a la combinación de ingresos más altos y costos operativos eficientes. Por otro lado, la opción 1 se identificó como el menos rentable en términos económicos. A pesar de que no presenta diferencias significativas en rendimiento de producción en comparación con las opciones 2 y 4, sus pagos ordinarios son más elevado (8.661 €) resulta en un período de recuperación de la inversión de 12 años.

Es importante destacar que se han proporcionado tablas detalladas que representan los flujos de efectivo anuales y los valores actuales netos (VAN) para cada opción de tratamiento, considerando diferentes tasas de actualización. Además, se ha calculado la relación VAN/inversión

para cada opción y tasa de interés (ANEXO I).

## **V. Conclusiones**

Los tratamientos "NUVE" y "BACTONECO" surgieron como opciones altamente efectivas para mejorar la producción y calidad de las patatas en este estudio agronómico. En primer lugar, el "NUVE" mostró la mayor producción de patatas, lo que sugiere su capacidad para mejorar el rendimiento del cultivo en comparación con los tratamientos de control. Este incremento en la producción podría ser de gran importancia para los agricultores, ya que implica una cosecha más abundante y rentable.

Además de la producción, el tratamiento "NUVE" también se destacó por su eficacia en el control de plagas y enfermedades en las plantas. La salud general de las plantas es crucial para garantizar una cosecha exitosa, y la capacidad del "NUVE" para controlar estas amenazas puede ser un factor determinante en la calidad y cantidad de patatas cosechadas.

Otro aspecto importante es la firmeza de las patatas tratadas con "NUVE." La mayor firmeza sugiere que estas patatas tienen una mejor resistencia y capacidad de conservación postcosecha. Esta característica es valiosa tanto para los agricultores como para los consumidores, ya que las patatas pueden mantenerse en mejores condiciones durante más tiempo, lo que reduce el desperdicio de alimentos.

En cuanto al tamaño y peso, aunque no se observaron diferencias significativas en comparación con el tratamiento de control, ambas opciones, "NUVE" y control, mostraron tamaños y pesos promedio más altos que los tratamientos de control. Esto es importante porque patatas más grandes suelen ser más valiosas en el mercado.

El "BACTONECO," otro tratamiento evaluado, arrojó resultados similares a los del "NUVE." También mejoró significativamente la producción y calidad de las patatas, y su eficacia en el control de plagas y enfermedades destaca su valor en la protección de la salud de las plantas. La firmeza y el contenido de almidón de las patatas tratadas con "BACTONECO" también aumentaron, lo que indica una mejor calidad y conservación.

Los tratamientos de control también presentaron resultados positivos. Son económicamente viables y, en términos de producción de patatas, mostraron un Valor Actual Neto (VAN) positivo y creciente a medida que aumentaba la tasa de descuento. Esto significa que son inversiones rentables en todos los escenarios.

Sin embargo, es relevante destacar que, desde una perspectiva económica, los tratamientos activos resultaron ser más rentables que los tratamientos de control. El análisis financiero indicó que la "Opción 3" (Nuve) era la más rentable entre las cuatro opciones consideradas, ya que tenía el VAN más alto en todos los casos.

## VI. Referencias

- Bartolomé, T., Coletto, J. M., & Rocío Velázquez. (2014). HISTORIAS DE PLANTAS I: LA HISTORIA DE LA PATATA. UNEX, 1. [https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/archivos/iag/2014/2014\\_12%20Historias%20de%20plantas%20I-%20La%20historia%20de%20la%20patata.pdf](https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/archivos/iag/2014/2014_12%20Historias%20de%20plantas%20I-%20La%20historia%20de%20la%20patata.pdf)
- Bienvenido, C., Calderón, E., Aguirrebengoa, M., Quinto, J., Wong, M.E. y del Pino, M. (2020). La plaga del gusano del alambre (*Agriotes* spp.) en cultivos de importancia económica en Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.
- Campillo, C., Fortes, R., & Prieto, M. H. (2012). Solar Radiation Effect on Crop Production. En *Solar Radiation* (pp. 347-362).
- Castillo López, R.J. (2021). La Patata, taxonomía, y descripciones botánicas. Universidad Agrícola. Recuperado de <https://universidadagricola.com/la-patata-taxonomia-y-descripciones-botanicas/>
- Crosby, T.W. & Wang, Y. (2021). Effects of Different Irrigation Management Practices on Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Sustainability*, 13(18), 10187
- Escuredo, O., Seijo-Rodríguez, A., Rodríguez-Flores, M. S., Míguez, M., & Seijo, M. C. (2018). Influence of weather conditions on the physicochemical characteristics of potato tubers. *Plant, Soil and Environment*, 64(7), 317-3231
- García, F. (2015). Efecto de la aplicación de Mycogrowth en el cultivo de la patata, *Solanum tuberosum* VAR Soprano en ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34725.60649>.
- García, J., & Pérez, M. (2022). Control fitosanitario en la agricultura moderna: Tecnologías y prácticas para la protección de cultivos. *Revista de Agricultura Moderna*, 45(3), 123-135
- García, M. A., & García, E. (2011). La patata en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 447-458. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000300032](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300032).
- Henaó, E., Gutiérrez, P. & Marín, M. (2013). Análisis filogenético de aislamientos del Potato virus Y (PVY) obtenidos en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Colombia. *Actual Biol*, 35(99), 219-232
- Hijolusa. (2023, 26 enero). Hijolusa. <https://hijolusa.es/>
- Lacey, Lawrence A., et al. "Control microbiano de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae)." *Revista Colombiana de Entomología* 36.2 (2010): 149-159.
- Liu, J., Zhang, Y., Wang, J., & Li, X. (2021). A study of starch content detection and the visualization of fresh-cut potato based on hyperspectral imaging. *RSC Advances*, 11(38), 23713-23723.
- López, O.A., Trejo, L.C., Peña, V.C., Ramirez, A.C., Tijerina, C.L., Carrillo, S.J. 2008. Secado parcial de la raíz de jitomate: efectos en la fisiología de la planta y calidad del fruto. *Agricultura Técnica de México*. 34(3):297-302.
- Madia, M., & Gaetán, S. (1995). Podredumbre basal y radicular del coriandro causada por *Rhizoctonia solani* Kühn. *Bol. San. Veg. Plagas*, 21(4), 573-576
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2005). La patata en España. Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2004). Caracterización del mercado y de la comercialización de la patata en las cooperativas agrarias. Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). Patata. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/patata/>
- Ministerio de la presidencia. *Reglamento de aplicación de las normas de calidad para las frutas y hortalizas frescas comercializadas en el mercado interior*. 24 de enero de 2009. <https://www.boe.es/boe/dias/2009/01/24/pdfs/BOE-A-2009-1171.pdf>
- Moreno, F.L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 27(02): 179-191.
- Pasare, S. A., Ducreux, L. J. M., Morris, W. L., Campbell, R., Sharma, S., Roumeliotis, E., Kohlen, W., Van Der Krol, S., Bramley, P. M., Roberts, A. G., Fraser, P. D., & Taylor, M. A. (2013). The role of the potato (*Solanum tuberosum*) CCD8 gene in stolon and tuber development. *New Phytologist*, 198(4), 1108-1120. <https://doi.org/10.1111/nph.12217>
- Restrepo-Correa, S. P., Pineda-Meneses, E. C., & Ríos-Orsorio, L. A. (2017). Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 335-350.
- Robles, P. (2008). Influencia de la densidad de la plantación sobre la producción y calidad de dos cultivares de patata. Trabajo Fin de Grado, E.U.I.T. Agrícolas (UPM). <https://oa.upm.es/5250/>
- Salazar, L.F. (1997). Identificación y control de enfermedades virales y fitoplasmas de la papa. Simposium Internacional de la Papa. Metepec, Estado de México. 25 y 26 de agosto de 1997
- Shibaeva, T.G., Mamaev, A.V. & Sherudilo, E.G. (2020). Evaluation of a SPAD-502 Plus Chlorophyll Meter to

- Estimate Chlorophyll Content in Leaves with Interveinal Chlorosis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(5), 690-696.
- Smith, J. (2022). Fertilización química en el cultivo de patatas: Mejorando el crecimiento, rendimiento y calidad. *Revista de Agricultura Moderna*, 45(3), 123-135.
- Smith, J. (2022). Laboreo del Suelo: Qué es, técnicas y tipos de labores. *Conociendo el manejo de suelos: laboreo*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12230-021-09860-1>
- Smith, G. y Martínez, A. (2019). "Evaluación de la variabilidad en la calidad de cultivos utilizando SPSS". *Revista de Estudios Agrícolas*, 7(2), 1-14.
- Soto-Gómez, D., Fernández-Calviño, D., Koefoed Brandt, K., Waeyenberghe, L., Zornoza, R., & Martínez Martínez, S. (2020). Handbook on case studies set up, protocols for sampling, sample procedure and analysis. *SoildiverAgro*.
- Torres, M. (2010). Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos.
- Haverkort, AJ & DKL MacKerron. (2000). Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands, 353
- Giletto, C. M., Rattín, J. E., Echeverría, H. E., & Caldiz, D. O. (2006). Evaluación de la nutrición nitrogenada en nuevas variedades de papa aptas para el procesamiento industrial. *Ciencia del Suelo*, 24(1)

## **VII. Anexos**

### **Anexo I: Evaluación financiera del proyecto**

#### **1.INTRODUCCIÓN**

La evaluación financiera de un proyecto es una investigación en profundidad del flujo de fondos y los riesgos, siendo de gran importancia para la viabilidad económica del proyecto. Se debe tener en cuenta los flujos de pagos y cobros esperados durante la vida del proyecto, que estimamos en 15 años para el cultivo de una hectárea de patata al aire libre.

Los criterios a tener en cuenta para evaluar la rentabilidad financiera de la inversión, son:

- Valor actual neto VAN
- Relación Beneficio/Inversión
- Plazo de recuperación
- Tasa interna de rendimiento TIR

#### **2.PARÁMETROS QUE DEFINEN UNA INVERSIÓN**

##### ***2.1. Vida del proyecto***

La temporalidad del proyecto (n) se delinea en términos del lapso durante el cual la inversión exhibirá actividad operativa, dando origen a avances económicamente favorables, conforme a las proyecciones delineadas por el inversionista. En lo que concierne a la empresa en cuestión, se ha computado un plazo culminante de funcionalidad de 15 años, tomando en consideración las limitaciones inherentes a los componentes de la infraestructura, cuya expectativa de vida ostenta una estimación análoga de 15 años.

##### ***2.2. Pago de la inversión***

El concepto de desembolso inversor (K) alude al quantum de unidades monetarias que el patrocinador debe asignar con el propósito de propiciar la operacionalización del proyecto en cuestión. De manera esencial, este monto representa la erogación inicial efectuada por el inversionista con miras a orquestar la puesta en marcha efectiva del proyecto.

Las distintas elecciones corresponden a las cuatro modalidades experimentales ejecutadas en el ensayo: Opción 1) Control 100%, Opción 2) Control del 50%, Opción 3) Tratamiento "Nuve" y Opción 4) Tratamiento "Bactoneco". En lo que concierne a los desembolsos inversores, se mantiene una equidad en los costos entre las cuatro alternativas.

**Tabla 1.** Pagos de la inversión.

<b>Concepto</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Precio(€)</b>	<b>Coste (€)</b>
<b>INSTALACIÓN</b>			
Compra del terreno	1	60.000	60.000
Electroválvulas 63 mm	1	60	60
Tubería de 63 mm	55	1,2	66
Bomba inyectora	1	130	130
Filtro de malla 1 pulgada	5	20	100
Filtro de anillas	1	300	300
Válvula 32 mm	2	6	12
Válvula 63 mm	2	12	24
Manómetros	2	6	12
Bomba de impulsión 4cv	1	370	370
Programador de riego	1	200	200
Cubas de 1000L	5	40	200
Válvula hidráulica de productos químicos	5	200	1.000
Embalse	1000	5	5.000
Válvula esfera 63 mm	3	10	30
Manga 16 mm gotero integrado	5	158	790
Instalación eléctrica	1	2620	2620
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>70.914</b>
<b>Opción 1/2/3/4</b>			

### **2.3. Previsiones de cobros**

Los ingresos percibidos hacen referencia a los retornos anuales derivados de la comercialización de los productos adquiridos mediante la inversión efectuada.

#### **2.3.1. Cobros ordinarios**

Los ingresos regulares se originan como resultado de la operación estándar inherente a una empresa agropecuaria. En nuestra instancia, estos se manifestarán como los ingresos derivados de la comercialización de los productos (patatas) al valor ofrecido por la entidad encargada de transformar la materia prima.

**Tabla 2.** Cobros ordinarios.

<b>Concepto</b>	<b>Producción (kg/ha)</b>	<b>Producción media (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Precio medio (€/Kg)</b>	<b>Cobros ordinarios (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cobros ordinarios(€/ha)</b>
Control 100%	36.874	3,7	0,40	1,56	<b>14.749,6</b>
Control 50%	36.551	3,7	0,40	1,48	<b>14620.4</b>
Nuve	39.145	3,9	0,40	1,48	<b>15.658,0</b>
Bactoneto	36.674	3,7	0,40	1,48	<b>14.669.6</b>

### **2.3.2. Cobros extraordinarios**

Los ingresos excepcionales se derivan de la extensión de la vida operativa de las inversiones más allá de su ciclo de vida previsto. Se presenta los ingresos sobresalientes generados por las inversiones efectuadas en cada uno de los enfoques utilizados.

**Tabla 3.** Cobros extraordinarios.

<b>Concepto</b>	<b>Importe (€)</b>	<b>Año de amortización</b>	<b>Valor residual (%)</b>	<b>Valor residual (€)</b>
Compra del terreno	60.000	15	100	60.000
Electroválvulas 63 mm	60	15	10	6
Tubería de 63 mm	66	15	10	6,6
Bomba inyectora	130	15	10	13
Filtro de malla 1 pulgada	100	7-8	10	10
Filtro de anillas	300	7-8	10	30
Válvula 32 mm	12	15	10	1,2
Válvula 63 mm	24	15	10	2,4
Manómetros	12	15	10	1,2
Bomba de impulsión 4cv	370	15	10	37
Programador de riego	200	15	10	20
Cubas de 1000L	200	7-8	10	20
Válvula hidráulica de productos	1.000	15	10	100
Embalse	5.000	15	10	500
Válvula esfera 63 mm	30	15	10	3
Manga 16 mm gotero integrado	790	5	10	79

## **2.4. Previsiones de pago**

Las erogaciones comprenden los desembolsos necesarios anualmente para mantener el desarrollo integral de todo el proceso de cultivo en el invernadero.

### **2.4.1. Pagos ordinarios**

Las erogaciones regulares se refieren a los desembolsos esenciales para asegurar el funcionamiento adecuado de los cultivos.

**Tabla 4.** Pagos ordinarios.

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio(€)</b>	<b>Coste (€)</b>
<b>INSTALACIÓN</b>			
Patata de siembra	3.000	1,1	3.300
Gradas de disco	3	40	120
Vertederas	5	45	225
Fresadora	4	45	180
Sembradora	3	40	120
Mano de obra	40.000	0.05	2.000
Fertilizante 100% (Opción 1)	784	1,5	1.176
Fertilizante 50% (Opción 2, 3 y 4)	392	1,5	588
Bactoneco (Opción 4)	1	38	38
Nuve (Opción 3)	6	20	120
Fitosanitarios	1	250	250
Agua de riego	3.000	0,33	990
Consumo eléctrico	3.000	0,1	300
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>8.661</b>
<b>Opción 1</b>			
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>8.073</b>
<b>Opción 2</b>			
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>8.193</b>
<b>Opción 3</b>			
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>8.111</b>
<b>Opción 4</b>			

#### **2.4.2. Pagos extraordinarios**

Las erogaciones excepcionales surgen como resultado de nuevas inversiones, llevadas a cabo con el propósito de reemplazar aquellos elementos cuya durabilidad es menor que la estimada en el proyecto.

**Tabla 5.** Pagos extraordinarios.

<b>Concepto</b>	<b>Importe (€)</b>	<b>Año</b>
Manga 16 mm gotero integrado	790	5
Cubas de 1000L	200	7-8
Filtro de anillas	300	7-8

Filtro de malla 1 pulgada	100	7-8
Manga 16 mm gotero integrado	790	10

### 3. FLUJO DE CAJA

En las Tablas se exponen los flujos de efectivo del proyecto durante su ciclo de vida. También se presenta el flujo de efectivo acumulado, del cual se puede inferir el período de retribución de la inversión (también conocido como "payback"), expresado como la cantidad de años transcurridos desde el comienzo del proyecto hasta que la suma de los ingresos actualizados iguala de manera precisa a la suma de los desembolsos actualizados. Por consiguiente, el período de recuperación de la inversión se sitúa en 7 años para la opción 1, 6 años para la opción 2 y 7 años para la opción 3.

**Tabla 6.** Flujo de caja (€) para opción 1.

Años	Cobros ordinarios	Cobros extraordinarios	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Flujo de caja situación final	Flujo de caja acumulado	Pagos de inversión
0	-	-	-	-	-	-70.914	70.914
1	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-64.825,4	
2	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-58.736,8	
3	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-52.648,2	
4	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-46.559,6	
5	14.749,6	79	8.661	790	5.377,6	-41.182,0	
6	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-35.093,4	
7	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-29.004,8	
8	14.749,6	60	8.661	600	5.548,6	-23456,2	
9	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-17.367,6	
10	14.749,6	79	8.661	790	5.377,6	-11.990,0	
11	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	-5.901,4	
12	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	187,2	
13	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	6.275,8	
14	14.749,6	0	8.661	0	6.088,6	12.364,4	
15	14.749,6	60829,4	8.661	0	66.917	79.282	

**Tabla 7.** Flujo de caja (€) para opción 2.

Años	Cobros ordinarios	Cobros extraordinarios	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Flujo de caja situación final	Flujo de caja acumulado	Pagos de inversión
0	-	-	-	-	0,00	-70.914,00	70.914

*Influencia de la aplicación de microorganismos y de la reducción de fertilizantes sobre la producción y la calidad de patata*

1	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-64.366,60
2	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-57.819,20
3	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-51.271,80
4	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-44.724,40
5	14.620,40	79	8.073	790	5.836,40	-38.888,00
6	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-32.340,60
7	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-25.793,20
8	14.620,40	60	8.073	600	6.007,40	-19.785,80
9	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-13.238,40
10	14.620,40	79	8.073	790	5.836,40	-7.402,00
11	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	-854,60
12	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	5.692,80
13	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	12.240,20
14	14.620,40	0	8.073	0	6.547,40	18.787,60
15	14.620,40	60.829,40	8.073	0	67.376,80	86.164,40

**Tabla 8.** Flujo de caja (€) para opción 3.

Años	Cobros ordinarios	Cobros extraordinarios	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Flujo de caja situación final	Flujo de caja acumulado	Pagos de inversión
0	-	-	-	-	0,00	-70.914,00	70.914
1	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-63.329,00	
2	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-55.744,00	
3	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-48.159,00	
4	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-40.574,00	
5	15.658,00	79	8.193	790	6.874,00	-33.700,00	
6	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-26.115,00	
7	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-18.530,00	
8	15.658,00	60	8.193	600	7.045,00	-11.485,00	
9	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	-3.900,00	
10	15.658,00	79	8.193	790	6.874,00	2.974,00	
11	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	10.559,00	
12	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	18.144,00	
13	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	25.729,00	
14	15.658,00	0	8.193	0	7.585,00	33.314,00	
15	15.658,00	60.829,40	8.193	0	68.414,40	101.728,40	

**Tabla 9.** Flujo de caja (€) para opción 4.

Años	Cobros ordinarios	Cobros extraordinarios	Pagos ordinarios	Pagos extraordinarios	Flujo de caja situación final	Flujo de caja acumulado	Pagos de inversión
0	-	-	-	-	0,00	-70.914,00	70.914

1	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-64.317,40
2	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-57.720,80
3	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-51.124,20
4	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-44.527,60
5	14.669,60	79	8.111	790	5.885,60	-38.642,00
6	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-32.045,40
7	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-25.448,80
8	14.669,60	60	8.111	600	6.056,60	-19.392,20
9	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-12.795,60
10	14.669,60	79	8.111	790	5.885,60	-6.910,00
11	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	-313,40
12	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	6.283,20
13	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	12.879,80
14	14.669,60	0	8.111	0	6.596,60	19.476,40
15	14.669,60	60.829,40	8.111	0	67.426,00	86.902,40

#### 4. EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO

Al afrontar la necesidad de invertir en un proyecto, surge el desafío de evaluar su rentabilidad. Dicha rentabilidad se encuentra influenciada por la inversión inicial, los ingresos brutos y los gastos asociados.

Para computar la rentabilidad, se establecen criterios que consideran la cronología de los flujos de efectivo, homogeneizando las sumas monetarias percibidas en distintos momentos temporales.

##### 4.1. Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) de una inversión, también conocido como plusvalía o valor patrimonial de la inversión, equivale a la suma algebraica del desembolso inicial y el total de flujos de efectivo actualizados, ponderados por una tasa de interés ( $r$ ), denotando la ganancia neta derivada del proyecto. De manera consecuente, si un proyecto ostenta un VAN  $> 0$ , se considera viable desde una perspectiva financiera, tomando en consideración la tasa de interés seleccionada.

En contrapartida, un VAN negativo señala que el proyecto no es factible y su ejecución no procede. Las Tablas se exponen los flujos de efectivo normalizados junto con los VAN para diferentes tasas de interés seleccionadas para cada opción.

El cálculo del VAN se rige por la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - k$$

##### 4.2. Relación Beneficio-Inversión

El VAN mide la rentabilidad absoluta de una inversión. La relación beneficio-inversión, señala la ganancia neta obtenida por el proyecto por cada unidad monetaria

invertida. Para determinar este índice que refleja la rentabilidad relativa de la inversión, se calcula dividiendo el VAN del proyecto por su inversión inicial. Las Tablas detallan la relación beneficio-inversión para distintas tasas de interés elegidas para el proyecto.

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

#### 4.3. Tasa Interna de Rendimiento

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR) mide la rentabilidad de los flujos de efectivo actualizados generados por una inversión, considerando la tasa de interés en la cual el VAN se iguala a cero.

#### 4.4. Plazo de recuperación

El plazo de recuperación de una inversión denota los años que transcurren desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los flujos de efectivo actualizados iguala exactamente la suma de los desembolsos actualizados. En esencia, este indicador señala el momento en la vida de la inversión en el cual su VAN se reduce a cero. A diferencia del VAN o la relación beneficio-inversión, no ofrece información sobre la rentabilidad absoluta o relativa de la inversión, ni proporciona criterios de viabilidad; únicamente sugiere que una inversión resulta más atractiva cuanto menor sea su plazo de recuperación.

**Tabla 10.** Valor Actual Neto (VAN) en € para la Opción 1.

Años	Flujo de caja anuales (€)	Tasa de Interés (i)			
		3.0%	5.0%	7.0%	7.87%
0	-	-	-	-	-
1	6.088,60	5.911,26	5.798,67	5.690,28	5.644,14
2	6.088,60	5.739,09	5.522,54	5.318,02	5.232,12
3	6.088,60	5.571,93	5.259,56	4.970,11	4.850,18
4	6.088,60	5.409,64	5.009,11	4.644,96	4.496,12
5	5.377,60	4.638,76	4.213,49	3.834,15	3.681,20
6	6.088,60	5.099,11	4.543,41	4.057,09	3.863,65
7	6.088,60	4.950,59	4.327,05	3.791,67	3.581,61
8	5.548,60	4.380,12	3.755,51	3.229,34	3.025,69
9	6.088,60	4.666,40	3.924,77	3.311,79	3.077,78
10	5.377,60	4.001,44	3.301,38	2.733,70	2.519,93
11	6.088,60	4.398,53	3.559,88	2.892,65	2.644,83
12	6.088,60	4.270,42	3.390,36	2.703,41	2.451,76
13	6.088,60	4.146,04	3.228,91	2.526,55	2.272,79
14	6.088,60	4.025,28	3.075,16	2.361,26	2.106,87
15	66.917	42.951,48	32.188,22	24.253,80	21.465,33
VAN (€)		39.246,10	20.184,01	5.404,80	0,00

**Tabla 11.** Valor Actual Neto (VAN) en € para la Opción 2.

Años	Flujo de caja anuales (€)	Valor Actual Neto (€)			
		i = 3,0%	i = 5,0%	i = 7,0%	i = 8,55%
0	-	-	-	-	-
1	6.547,40	6.356,70	6.235,62	6.119,07	6.031,70
2	6.547,40	6.171,55	5.938,68	5.718,75	5.556,63
3	6.547,40	5.991,80	5.655,89	5.344,63	5.118,97
4	6.547,40	5.817,28	5.386,56	4.994,98	4.715,78
5	5.836,40	5.034,53	4.572,97	4.161,27	3.872,59
6	6.547,40	5.483,34	4.885,77	4.362,81	4.002,18
7	6.547,40	5.323,64	4.653,11	4.077,39	3.686,95
8	6.007,40	4.742,30	4.066,04	3.496,36	3.116,42
9	6.547,40	5.018,04	4.220,51	3.561,35	3.129,03
10	5.836,40	4.342,83	3.583,04	2.966,93	2.569,55
11	6.547,40	4.729,98	3.828,13	3.110,62	2.655,54
12	6.547,40	4.592,21	3.645,84	2.907,12	2.446,38
13	6.547,40	4.458,46	3.472,23	2.716,94	2.253,69
14	6.547,40	4.328,60	3.306,88	2.539,19	2.076,18
15	67.376,80	43.246,60	32.409,39	24.420,45	19.682,42
<b>VAN (€)</b>		<b>44.723,87</b>	<b>24.946,68</b>	<b>9.583,88</b>	<b>0,00</b>

Tabla 12. Valor Actual Neto (VAN) en € para la Opción 3.

Años	Flujo de caja anuales (€)	Valor Actual Neto (€)			
		i = 3,0%	i = 5,0%	i = 7,0%	i = 10,07%
0	-	-	-	-	-
1	7.585,00	7.364,08	7.223,81	7.088,79	6.890,96
2	7.585,00	7.149,59	6.879,82	6.625,03	6.260,43
3	7.585,00	6.941,35	6.552,21	6.191,62	5.687,59
4	7.585,00	6.739,17	6.240,20	5.786,56	5.167,16
5	6.874,00	5.929,57	5.385,96	4.901,07	4.254,32
6	7.585,00	6.352,32	5.660,04	5.054,21	4.264,82
7	7.585,00	6.167,30	5.390,52	4.723,56	3.874,58
8	7.045,00	5.561,39	4.768,33	4.100,25	3.269,45
9	7.585,00	5.813,27	4.889,36	4.125,74	3.197,96
10	6.874,00	5.114,90	4.220,04	3.494,39	2.633,00
11	7.585,00	5.479,57	4.434,79	3.603,58	2.639,50
12	7.585,00	5.319,97	4.223,61	3.367,83	2.397,98
13	7.585,00	5.165,02	4.022,49	3.147,51	2.178,56
14	7.585,00	5.014,58	3.830,94	2.941,59	1.979,22
15	68.414,40	43.912,60	32.908,50	24.796,53	16.218,47
<b>VAN (€)</b>		<b>57.110,67</b>	<b>35.716,62</b>	<b>19.034,25</b>	<b>0,00</b>

Tabla 13. Valor Actual Neto (VAN) en € para la Opción 4.

Años	Flujo de caja anuales (€)	Valor Actual Neto (€)			
		i = 3,0%	i = 5,0%	i = 7,0%	i = 8,62%

0	-	-	-	-	-
1	6.596,60	6.404,47	6.282,48	6.165,05	6.072,98
2	6.596,60	6.217,93	5.983,31	5.761,73	5.590,93
3	6.596,60	6.036,82	5.698,39	5.384,79	5.147,14
4	6.596,60	5.860,99	5.427,04	5.032,51	4.738,58
5	5.885,60	5.076,97	4.611,52	4.196,35	3.892,25
6	6.596,60	5.524,55	4.922,48	4.395,59	4.016,17
7	6.596,60	5.363,64	4.688,08	4.108,03	3.697,38
8	6.056,60	4.781,14	4.099,35	3.525,00	3.125,25
9	6.596,60	5.055,74	4.252,23	3.588,11	3.133,71
10	5.885,60	4.379,44	3.613,25	2.991,94	2.574,01
11	6.596,60	4.765,52	3.856,90	3.134,00	2.655,97
12	6.596,60	4.626,72	3.673,23	2.928,97	2.445,14
13	6.596,60	4.491,96	3.498,32	2.737,35	2.251,06
14	6.596,60	4.361,13	3.331,73	2.558,28	2.072,38
15	67.426,00	43.278,18	32.433,06	24.438,29	19.501,04
<b>VAN (€)</b>		<b>45.311,21</b>	<b>25.457,36</b>	<b>10.031,98</b>	<b>0,00</b>

**Tabla 14.** Relación VAN/inversión para los distintos tipos de interés para la opción 1.

<b>Tasa de actualización (%)</b>	<b>VAN</b>	<b>VAN/Inversión</b>
0,03	39.246,10	0,55
0,05	20.184,01	0,28
0,07	5.404,80	0,08
0,079	0	0

**Tabla 15.** Relación VAN/inversión para los distintos tipos de interés para la opción 2.

<b>Tasa de actualización (%)</b>	<b>VAN</b>	<b>VAN/Inversión</b>
0,03	44.723,87	0,63
0,05	24.946,68	0,35
0,07	9.583,88	0,14
0,085	0	0

**Tabla 16.** Relación VAN/inversión para los distintos tipos de interés para la opción 3.

<b>Tasa de actualización (%)</b>	<b>VAN</b>	<b>VAN/Inversión</b>
0,03	57.110,67	0,81
0,05	35.716,62	0,50
0,07	19.034,25	0,27
0,10	0	0

**Tabla 17.** Relación VAN/inversión para los distintos tipos de interés para la opción 4.

Tasa de actualización (%)	VAN	VAN/Inversión
0,03	45.311,21	0,64
0,05	25.457,36	0,36
0,07	19.501,04	0,14
0,086	0	0

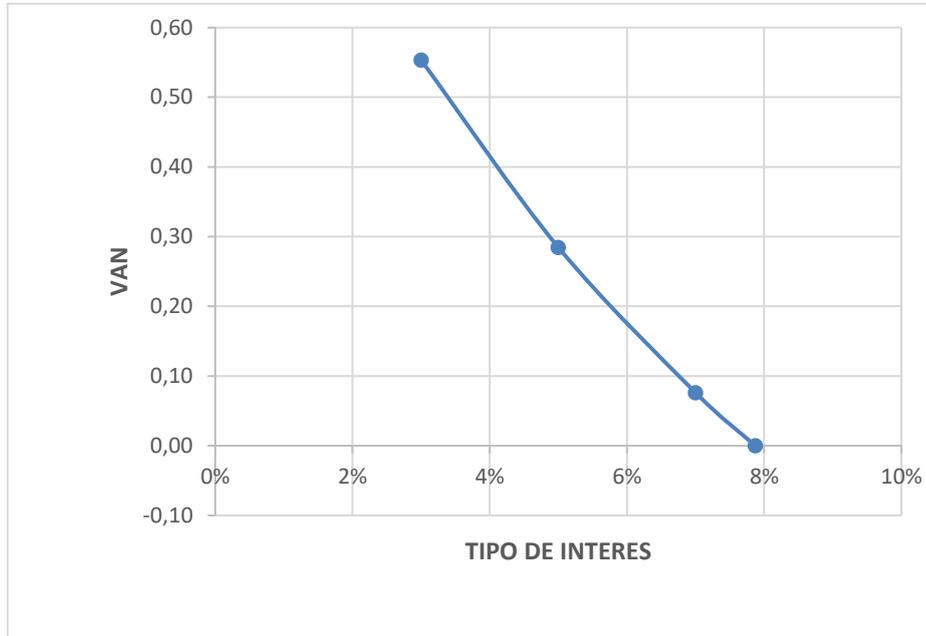


Figura 1. VAN frente a los tipos de interés para la opción 1.

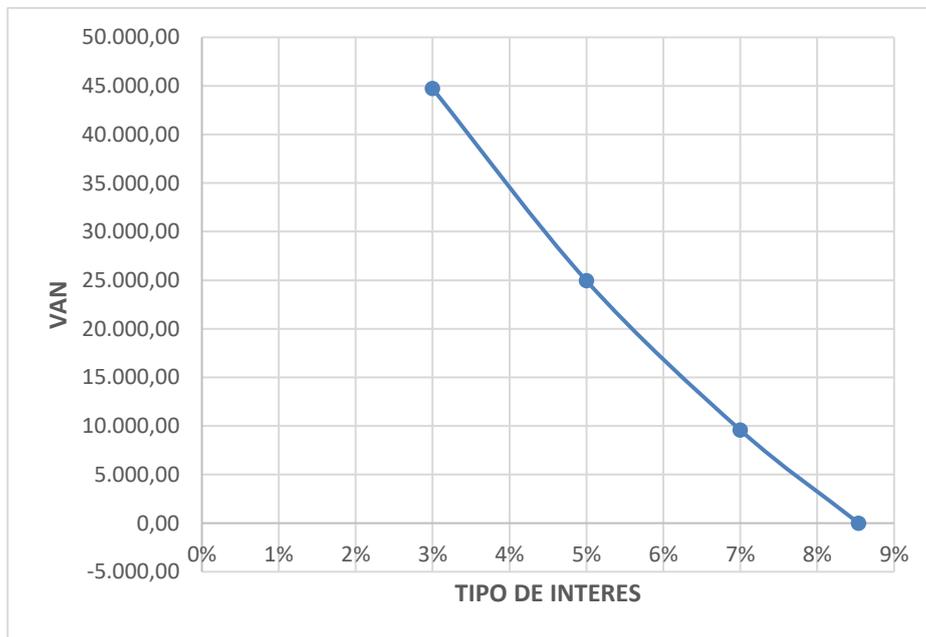


Figura 2. VAN frente a los tipos de interés para la opción 2.

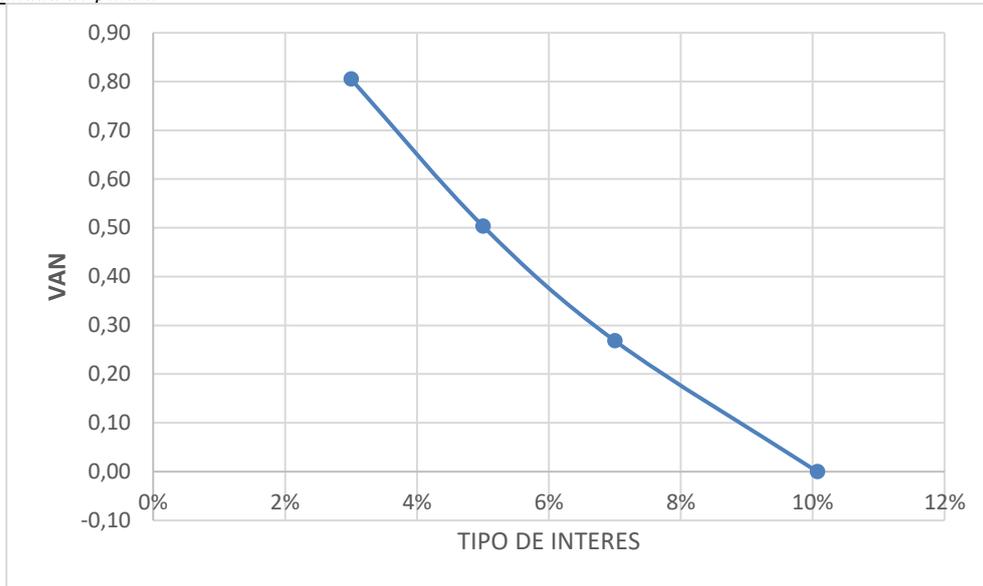


Figura 3. VAN frente a los tipos de interés para la opción 3

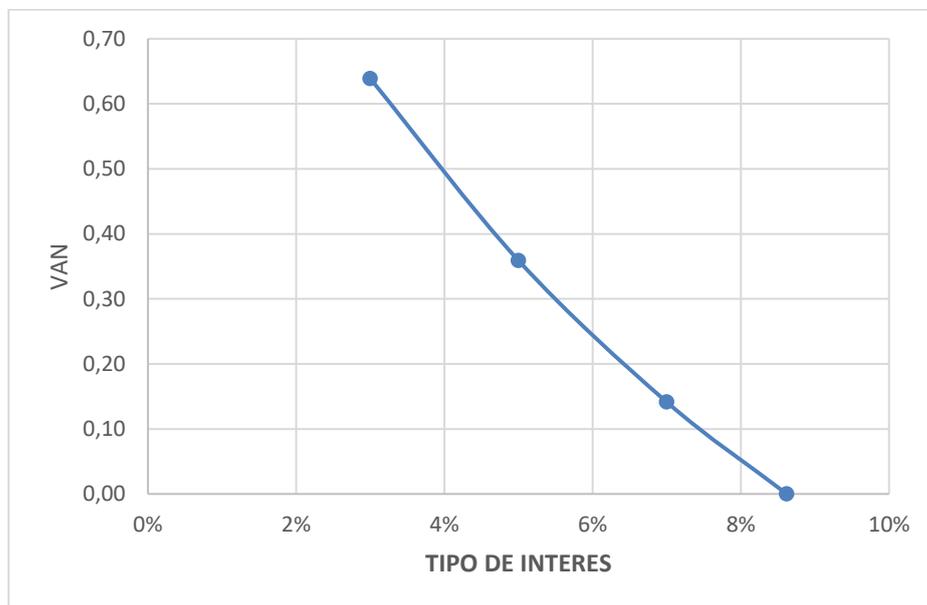


Figura 4. VAN frente a los tipos de interés para la opción 4

## BIBLIOGRAFIA

Romero, C. 1998. Evaluación financiera de inversiones agrarias. España: Mundi-Prensa.p 11-65.

**Anexo II: Listado fitosanitario de la patata**

<b>FECHA ACTUALIZACIÓN</b>	11/08/2023	<b>CULTIVO</b>	<b>PATATAS</b>
----------------------------	------------	----------------	----------------

<b>PRODUCTO COMERCIAL</b>	<b>Nº REGISTRO</b>	<b>TIPO PLAGUICIDA (1)</b>	<b>MATERIA</b>	<b>PLAGA O ENFERMEDAD</b>	<b>DOSIS</b>	<b>PS</b>	<b>LMR's</b>	<b>FECHA CADUCIDAD</b>	<b>FECHA DE TRATAMIENTO</b>
CORAGEN 20 SC	25334	INSECTICIDA	CLORANTRANILIPROL 20% [SC]	ESCARABAJO POLILLA	0,125 l/ha	14	0,02	30/04/2025	26/04/2023
CARIAL TOP	ES-00066	FUNGICIDA	Mandipropamida 25% + DIFENOCONAZOL 25% [SC]	MILDIU ALTERNARIA	0,6 l/ha	3	0,1 0,1	31/12/2023	26/04/2023
CHALLENGE	19131	HERBICIDA	ACLONIFEN 60% [SC]	MALAS HIERBAS	2,5 - 4 l/ha	NP	0,02	31/07/2026	16/01/2023 (preemergencia)

### **Anexo III: Metodología para el cálculo del tiempo de riego**

$$ET_c = ET_0 * K_c * K_r$$

Donde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

$ET_0$  = Evapotranspiración de referencia en mm/día.

$K_c$  = Coeficiente de cultivo.

$K_r$  = Coeficiente de área sombreada.

Evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ):

La  $ET_0$  se define como la evapotranspiración de un cultivo de gramíneas de 8 a 10 cm de altura, bien regado, fertilizado y en buen estado de salud (Doorembos y Pruitt, 1977). Su cálculo se basa en datos climáticos y fórmulas empíricas calibradas localmente. Un método comúnmente utilizado es el "evaporímetro de cubeta de clase A" desarrollado por Doorembos y Pruitt (1977), que se expresa como:

$$ET_0 = K_p * E_0$$

Donde:

$ET_0$  = Evapotranspiración de referencia en mm/día.

$K_p$  = Coeficiente de tanque (depende de condiciones de cobertura del suelo, velocidad del viento y humedad relativa).

$E_0$  = Evaporación en tanque CLASE A en mm/día.

Coeficientes de cultivo ( $K_c$ ):

Los coeficientes de cultivo son valores adimensionales que relacionan la evapotranspiración del cultivo con la  $ET_0$ . Representan la evapotranspiración del cultivo en condiciones óptimas de crecimiento y varían según el desarrollo de la planta, el clima y el sistema de riego.

Necesidades netas:

Además de la  $ET_c$ , se debe considerar la precipitación efectiva ( $Pe$ ) al calcular las necesidades de agua para el riego. La precipitación efectiva es la parte de la lluvia que se almacena en el suelo a la profundidad de las raíces y que es utilizada por la planta en el proceso de evapotranspiración. Las necesidades netas se calculan como:

$$N_n = ET_c - (Pe + W)$$

Donde:

$N_n$  = Necesidades netas en mm/día.

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

Pe = Precipitación efectiva en mm/día.

W = Variación de la humedad en el suelo en mm.

En zonas áridas y semiáridas con riego por goteo, Pe y W a menudo se consideran nulos, por lo que las necesidades netas son iguales a la ETc.

Necesidades totales:

Aparte de las necesidades netas, existen otras cantidades de agua necesarias para compensar pérdidas, como la percolación en profundidad, la uniformidad de distribución del agua y el lavado de sales. Estas pérdidas se cuantifican mediante la eficiencia de aplicación (Efa).

Las necesidades totales se calculan como:

$$N_t = N_n / E_{fa}$$

Donde:

Nt = Necesidades totales de agua en mm/día.

Nn = Necesidades netas de agua en mm/día.

Efa = Eficiencia de aplicación (adimensional).

Eficiencia de aplicación:

La eficiencia de aplicación se define como la relación entre el volumen de agua útil para el cultivo y el volumen total aplicado en la parcela. Se desglosa en eficiencia de percolación (EfP), eficiencia de uniformidad (EfU) y eficiencia por salinidad del agua (EfS).

Eficiencia de uniformidad:

La eficiencia de uniformidad se refiere a la distribución uniforme del agua en la parcela de riego. Se mide con el coeficiente de uniformidad (CU), que generalmente tiene un valor mínimo de 0.9:

$$E_{fU} = 0.9$$

Eficiencia de percolación:

La eficiencia de percolación se relaciona con las pérdidas de agua por percolación no controlable fuera del alcance de las raíces. Se calcula multiplicando las necesidades netas (Nn) por un factor de aumento (f) que varía según el tipo de suelo:

$$N_{tp} = N_n * f$$

Donde:

Ntp = Necesidades totales de agua en mm/día.

Nn = Necesidades netas de agua en mm/día.

f = Factor de aumento según el tipo de suelo.

La tabla proporciona valores de f y EfP para diferentes tipos de suelo en riegos localizados.

Eficiencia por salinidad del agua de riego:

Cuando se utiliza agua salina, es necesario aportar agua adicional para lixiviar las sales acumuladas en la zona de las raíces debido a la evapotranspiración. La eficiencia por salinidad del agua (Efs) se calcula como:

$$Efs = 1 - RL$$

Donde:

Efs = Eficiencia por salinidad del agua de riego.

RL = Requisito mínimo de lavado para controlar las sales en la zona radicular.

El RL se determina en función de la conductividad eléctrica del agua de riego (CEar) y la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo (CEes) para una disminución del 100% en la producción.

Intervalo entre riegos:

En el riego por goteo, el intervalo entre riegos depende de la capacidad de retención de agua del suelo, la ETc del cultivo y la calidad del agua de riego. Los intervalos promedio entre riegos para árboles y cultivos herbáceos varían según el tipo de suelo.

Dosis neta de riego:

La dosis neta de riego se define como el volumen de agua a aplicar en cada riego para satisfacer las necesidades netas de agua en el intervalo entre riegos. Se calcula como:

$$Dn = Nn * i$$

Donde:

Dn = Dosis neta de riego en mm/día.

Nn = Necesidades netas de agua en mm/día.

i = Intervalo entre riegos en días.

Dosis práctica de riego:

La dosis práctica de riego se define como el volumen de agua a aplicar en cada riego para satisfacer las necesidades totales de agua en el intervalo entre riegos. Se calcula como:

$$Dp = Nt * i = Nn / Efa * i = Dn / Efa$$

Donde:

Dp = Dosis práctica de riego en mm.

Nt = Necesidades totales de agua en mm/día.

i = Intervalo entre riegos en días.

Nn = Necesidades netas de agua en mm/día.

Dn = Dosis neta de riego en mm/día.

Efa = Eficiencia de aplicación (adimensional).

Pluviometría de la instalación:

La pluviometría se refiere a la descarga horaria de agua de riego por unidad de superficie y depende de la configuración de los ramales y emisores. Se calcula mediante la fórmula:

$$Pl = (qa * d1) / (d2)$$

Donde:

Pl = Pluviometría de la instalación en mm/hora.

qa = Descarga nominal del emisor en l/hora.

d1 = Distancia entre emisores en el ramal de riego en metros.

d2 = Distancia entre ramales de riego en metros.

Tiempo de riego:

El tiempo de riego es el período necesario para aplicar la dosis práctica de riego y se calcula como:

$$tr = (Dp / Pl) * (d2 / qa)$$

Donde:

tr = Tiempo de riego en horas.

Dp = Dosis práctica de riego en mm.

Pl = Pluviometría de la instalación en mm/hora.

d2 = Distancia entre ramales de riego en metros.

qa = Caudal nominal de descarga del emisor en l/hora.

## **BIBLIOGRAFÍA**

DOOREMBOS J., PRUITT W.O 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje n° 24. ROMA