



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y  
BIOLÓGICAS DEL SUELO TRAS LA INCORPORACIÓN DE  
RESIDUOS AGRÍCOLAS DE COSECHA EN ALMERÍA-ESPAÑA”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera  
Agrónoma

**Autora:**  
Robledo Sandoval Elisa Lizbeth

**Tutor:**  
Chasi Vizquete Wilman Paolo

**Co-Tutor:**  
Hernandez Maqueda Rafael

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

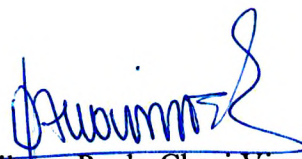
Elisa Lizbeth Robledo Sandoval, con cédula de ciudadanía No. 1725265175, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“Análisis de las características físico-químicas y biológicas del suelo tras la incorporación de residuos agrícolas de cosecha en Almería-España”**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Tutor del presente trabajo; y el Doctor Rafael Hernández Maqueda, Co tutor del presente trabajo y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 11 de agosto del 2023



Elisa Lizbeth Robledo Sandoval  
Estudiante  
C.C: 1725265175



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.  
Docente Tutor  
C.C: 0502409725

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ROBLEDO SANDOVAL ELISA LIZBETH**, identificada con cédula de ciudadanía **1725265175** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de las características físico-químicas y biológicas del suelo tras la incorporación de residuos agrícolas de cosecha”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

**Inicio de la carrera:** Marzo - Agosto 2019

**Finalización de la carrera:** Abril– Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de Noviembre del 2022

**Tutor:** Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

**Co tutor:** Dr. Rafael Hernandez Maqueda

**Tema:** "Análisis de las características físico-químicas y biológicas del suelo tras la incorporación de residuos agrícolas de cosecha en Almería-España”.

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de agosto del 2023.

Elisa Lizbeth Robledo Sandoval  
**LA CEDENTE**

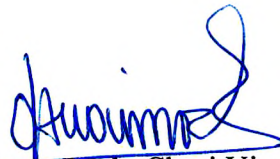
Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO TRAS LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE COSECHA EN ALMERÍA- ESPAÑA”**, de Robledo Sandoval Elisa Lizbeth, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de agosto del 2023



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

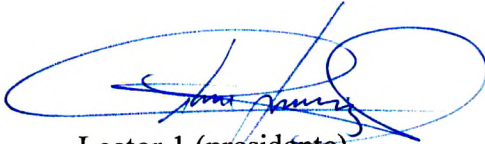
CC: 0502409725

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Robledo Sandoval Elisa Lizbeth, con el título del Proyecto de Investigación: **“Análisis de las características físico-químicas y biológicas del suelo tras la incorporación de residuos agrícolas de cosecha en Almería- España”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 11 de agosto del 2023



Lector 1 (presidente)

Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

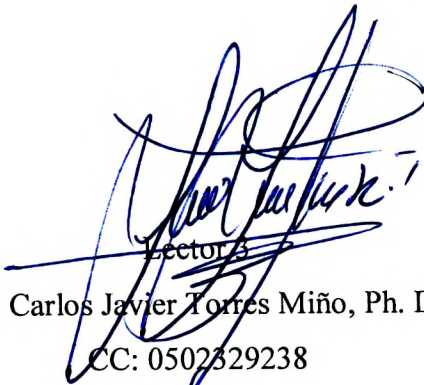
CC: 0501946263



Lector 2

Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

CC: 0502672934



Lector 3

Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph. D.

CC: 0502329238

## **AGRADECIMIENTO**

Este proyecto de investigación es el resultado de mi formación, se la debo a mis familiares que hicieron posible que se cumpla una de mis metas, a mis amigos e instituciones tales como la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para poder cursar mis estudios, a la Universidad de Almería, España que me acogió y me presto sus laboratorios para elaborar este proyecto de investigación donde obtuve increíbles resultados, experiencias únicas no me alcanzaría esta página para detallar todo lo que he vivido, en mi carrera universitaria, en mi memoria siempre estará el beneficio que recibí de ustedes, de igual forma agradecer a mis padres y hermana por haberme apoyado en cada uno de mis sueños para ayudarme a construir mis éxitos, sin duda son una bendición; y, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

Elisa Lizbeth Robledo Sandoval

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis abuelitos maternos Cecilia y Miguel, a mi hermana Alejandra que no me permitió que me rinda para cumplir mis objetivos, a toda mi familia que me ha apoyado siempre confiando en mi potencial y aquel ángel que ya no están conmigo que estaría tan orgullosa de lo que su guagua ha logrado. A mis padres Tatiana y Jorge que han hecho todo porque cumpla las metas que me planteo siendo un soporte a lo largo de mi carrera universitaria.

Es importante pensar en el futuro y trabajar con empeño. Pero lo más importante es valorarnos a nosotros mismos.

No perder la motivación y mantenernos felices.

Liz Eli



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO TRAS LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE COSECHA EN ALMERIA ESPAÑA”.

**AUTOR:** Robledo Sandoval Elisa Lizbeth

**RESUMEN**

Tras la intensificación del modelo productivo en invernadero basado en la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes minerales y bajos o nulos aportes de materia orgánica, ha significado un desgaste en la calidad del suelo derivado de la lixiviación de nitratos. Y si a esto se adiciona la dificultad de procesar grandes cantidades de residuos orgánicos, surge la necesidad de avanzar hacia un modelo alternativo que mejore la sostenibilidad a través de la mejora de la calidad del suelo, la disminución de la dependencia de insumos externos y la optimización del uso de los recursos.

La presente investigación, analiza las características físico-químicas del suelo con la utilización del manejo convencional y de manejo con residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas (MCFrRH). Y el estado de la materia orgánica mediante el muestreo aleatorio cada treinta días en los cultivos implementados.

La aplicación de paquete MCFrRH reduce la compactación del suelo, debido a la estructura ayudando a la estabilidad de agregados, al incorporar materia orgánica de manera directa en el suelo a través de las enmiendas orgánicas se observa cambios significativos en las propiedades del suelo. Conjuntamente reduce la necesidad de fertilizantes inorgánicos, sin embargo, eleva el riesgo de salinización al incrementar la concentración de cloruros, nitratos y sulfatos. Razón por la cual, es de gran importancia incrementar las prácticas orgánicas, labranza o rotación de cultivos.

**Palabras clave:** residuos de cosecha, química del suelo, prácticas, agrícolas.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “ANALYSIS OF THE PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL AFTER THE INCORPORATION OF AGRICULTURAL RESIDUES HARVEST IN ALMERIA SPAIN”.**

**AUTHOR:** Robledo Sandoval Elisa Lizbeth

**ABSTRACT**

After the intensification of the production model in the greenhouse based on the application of high doses of mineral fertilizers and low or null contributions of organic matter, it has meant a deterioration in the quality of the soil derived from the leaching of nitrates. And if the difficulty of processing large amounts of organic waste is added to this, the need arises to move towards an alternative model that improves sustainability by improving soil quality, reducing dependence on external inputs and optimization of the use of resources.

The present investigation analyzes the physical-chemical characteristics of the soil with the use of conventional management and management with fresh crop residues and horticultural crop residue compost (MCFrRH). And the state of organic matter through random sampling every thirty days in the crops implemented.

The application of the MCFrRH package reduces soil compaction, due to the structure helping the stability of aggregates, by incorporating organic matter directly into the soil through organic amendments, significant changes in soil properties are observed. Together it reduces the need for inorganic fertilizers, however, it increases the risk of salinization by increasing the concentration of chlorides, nitrates and sulfates. For this reason, it is of great importance to increase organic practices, tillage or crop rotation.

**Keywords:** crop residues, soil chemistry, practices, agricultural.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
4.1 Beneficiarios Directos.....	3
4.2 Beneficiarios Indirectos .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	3
6. OBJETIVOS.....	6
6.1 Objetivo General.....	6
<b>6.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>6</b>
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
8.1 La agricultura y los invernaderos.....	8
<b>8.1.1 Técnicas de conservación de suelos utilizadas .....</b>	<b>11</b>
8.2 Importancia de disminuir los fertilizantes de origen químicos.....	12
8.3 Suelo .....	13

8.4	Propiedades de suelo.....	14
8.4.1	Las propiedades físicas.....	14
8.4.2	Las propiedades químicas.....	17
8.4.3	Las propiedades biológicas.....	19
8.5	Muestreo y preparación de muestras .....	20
8.5.1	Preparación de muestras para el estudio en el laboratorio.....	20
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	21
10.	METODOLOGÍA.....	21
10.1	Modalidad básica de investigación. ....	21
10.1.1	Experimental.....	21
10.1.2	De campo.....	21
10.2	Técnicas.....	21
10.2.1	Observación estructurada .....	21
10.2.2	Libro de campo.....	21
10.3	Área de estudio.....	22
10.3.1	Ubicación.....	22
10.3.2	Descripción de los invernaderos.....	22
10.3.3	Descripción de los paquetes de gestión del suelo.....	23
10.4	MATERIALES.....	24
10.4.1	Institucionales.....	24
10.4.2	Equipos de oficina .....	24
10.4.3	Materiales de campo.....	24
10.4.4	Equipos del laboratorio.....	24
10.4.5	Reactivos .....	25
10.5	MÉTODOS DE LABORATORIO .....	26
10.5.1	Análisis Físicos.....	26
10.5.2	Análisis Químicos .....	28

10.5.3	Análisis Biológicos.....	33
10.5.4	Análisis estadístico. ....	34
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	34
11.1	VARIABLES FÍSICAS .....	34
11.1.1	Determinación de Textura .....	34
11.1.2	Determinación del contenido de humedad. ....	35
11.2	VARIABLES QUÍMICAS .....	36
11.2.1	Determinación de las bases y de la capacidad de cambio catiónico.....	36
11.2.2	Conductividad eléctrica y Ph.....	37
11.3	VARIABLES BIOLÓGICAS.....	38
11.3.1	Materia orgánica.....	38
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	39
12.1	Impacto Ambiental.....	39
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
13.1	CONCLUSIONES .....	39
13.2	RECOMENDACIONES .....	39
14.	BIBLIOGRAFÍA .....	40
15.	ANEXOS .....	45
15.1	Hojas de vida del equipo del trabajo .....	45
15.1.1	Rafael Hernández Maqueda.....	45
15.1.2	Dr. Fernando del Moral Torres.....	50
15.1.3	Ing. Wilman Paolo Chasi Vizquete, Mg.....	56
15.2	Hoja de vida del coordinador del trabajo .....	58
15.3	Fotografías.....	59
15.4	Aval de traducción .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.....	7
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de las texturas .....	15
<b>Tabla 3.</b> Características del sitio de investigación.....	22
<b>Tabla 4.</b> Tamaño de las partículas .....	34
<b>Tabla 5.</b> Curva de humedad .....	35
<b>Tabla 6.</b> Resultado la capacidad de intercambio catiónico y bases .....	36
<b>Tabla 7.</b> Datos obtenidos de C.E y pH.....	37
<b>Tabla 8.</b> Datos obtenidos del Carbono y sus formas .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Superficie mundial de invernaderos.....	5
<b>Figura 2.</b> Vista general de los invernaderos de Elejido .....	10
<b>Figura 3.</b> Técnica del enarenado.....	11
<b>Figura 4.</b> Acolchado o mulching .....	12
<b>Figura 5.</b> Triangulo textural.....	16
<b>Figura 6.</b> Escala del pH en el suelo. ....	19
<b>Figura 7.</b> Ubicación del área de estudio. Imagen de la vista área cedida por Estación Experimental Cajamar. ....	22
<b>Figura 8.</b> Curva de característica de humedad .....	35

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Saturación de las muestras con agua. ....	27
<b>Fotografía 2.</b> Olla de presión regulable .....	27
<b>Fotografía 3.</b> Muestras en un vaso de precipitación de 1000ml.....	28
<b>Fotografía 4.</b> Densímetro de Bouyoucos a lado de los vasos de precipitación .....	28
<b>Fotografía 5.</b> Biberones (blanco, patrones y muestra) .....	29
<b>Fotografía 6.</b> Calcímetro de dos columnas.....	29
<b>Fotografía 7.</b> Embudos de percolación con las muestras de suelo. ....	30
<b>Fotografía 8.</b> Lixiviados recogidos y puesto en tubos de ensayo.....	30
<b>Fotografía 9.</b> Calibración del espectrofotómetro y fotómetro de llama .....	30
<b>Fotografía 10.</b> Utilizamos el programa WinLab 42 .....	31
<b>Fotografía 11.</b> Anotación de las lecturas de los lixiviados.....	31
<b>Fotografía 12.</b> Preparación del lixiviado .....	32
<b>Fotografía 13.</b> Muestras en el conductímetro.....	32
<b>Fotografía 14.</b> Lixiviado de las muestras .....	32
Fotografía 15. pH metro .....	33
<b>Fotografía 16.</b> Baño de Arena .....	33
<b>Fotografía 17.</b> Aplicación de la sal de Mohr.....	34



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### **Título del Proyecto:**

Análisis de las características físico- químicas y biológicas del suelo tras la incorporación de residuos agrícolas de cosecha en Almería (España).

### **Fecha de inicio:**

Abril, 2023

### **Fecha de finalización:**

Agosto, 2023

### **Lugar de ejecución:**

El Ejido- Almería, Junta de Andalucía, España.

### **Facultad que auspicia**

Escuela Superior de Ingeniería (ESI); Universidad de Almería, España

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN); Universidad Técnica de Cotopaxi

### **Carrera que auspicia:**

Agronomía

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Fortalecimiento de las capacidades docentes y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de potenciación analítica de su laboratorio en suelos y agua”.

### **Equipo de Trabajo:**

**Directores:** Dr. Rafael Hernández Maqueda

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizúete, Mg

Dr. Fernando del Moral Torres

**Lector 1:** Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg

**Lector 2:** Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg

**Lector 3:** Ing. Carlos Javier Torres Miño, Ph D

**Coordinador del Proyecto:**

Nombre: Elisa Lizbeth Robledo Sandoval

Teléfonos: 0996106999

Correo electrónico: [liz.eli2501@gmail.com](mailto:liz.eli2501@gmail.com) ; [elisa.robledo5175@utc.edu.ec](mailto:elisa.robledo5175@utc.edu.ec)

**Área de Conocimiento:**

Agricultura, Silvicultura y Pesca

Edafología y química agrícola.

**Línea de investigación:**

Desarrollo y seguridad alimentaria

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Agua y suelos.

**Línea de vinculación de la carrera:**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social

**Proyecto que responde al convenio:**

“Fortalecimiento de las capacidades docentes y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de potenciación analítica de su laboratorio en suelos y agua”.  
Aprobado en la convocatoria de 2022 del plan propio de cooperación de la Universidad de Almería.

**2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En la investigación se ha presentado una comparación entre un paquete mejorado de manejo de suelos de invernadero que incluye labranza, uso de residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas (MCFrRH) frente a un paquete de manejo convencional(MC), basado solo en fertiirrigación, para evaluar las características físicas, químicas y biológicas del suelo como respuesta a estos tipos de manejo y establecer indicadores de calidad del suelo relacionados con las amenazas por pérdida de materia orgánica, en invernaderos del sureste de España.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La calidad del suelo, con el paso del tiempo puede verse afectada debido a un mal manejo e incluso por factores ambientales, por ende, es importante demostrar mediante un análisis experimental cómo mejoran las propiedades del suelo tras la implementación de una determinada práctica agrícola en donde se comparó dos paquetes de manejo el primero es un manejo de residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas frente al paquete de manejo convencional con la finalidad de conocer la calidad del suelo y determinar si existe cambios en las características tomadas en cuenta a corto plazo considerando la utilidad de las practicas empleadas en los invernaderos que se utilizaron.

Para disminuir la dependencia de insumos químicos, que su uso excesivo daña la calidad del suelo por la enorme cantidad empleada para el cultivo, que en ocasiones excede su requerimiento (Gómez, 2003). Asimismo, dándole una oportunidad a los residuos agrícolas de cosecha que en son considerados desperdicios y no son tratados como se deben.

Esta investigación pretende ayudar a los agricultores, investigadores, docentes, estudiantes debido a la evaluación de las características que posee el suelo y como mejora luego de utilizar los paquetes de manejo, utilizando aquel que muestre mejores resultados y de esta manera podremos establecer un cultivo evitando el exceso de fertilizantes químicos que si bien son de ayuda para el cultivo tiene impactos negativos, porque deterioran la estructura del suelo y su micro fauna.

### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **4.1 Beneficiarios Directos**

Agricultores, estudiantes y docente de la carrera de Agronomía en las universidades (UAL y UTC)

#### **4.2 Beneficiarios Indirectos**

Productores aledaños al sector Elejido que dispongan de un invernadero que se dediquen a la agricultura.

### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:**

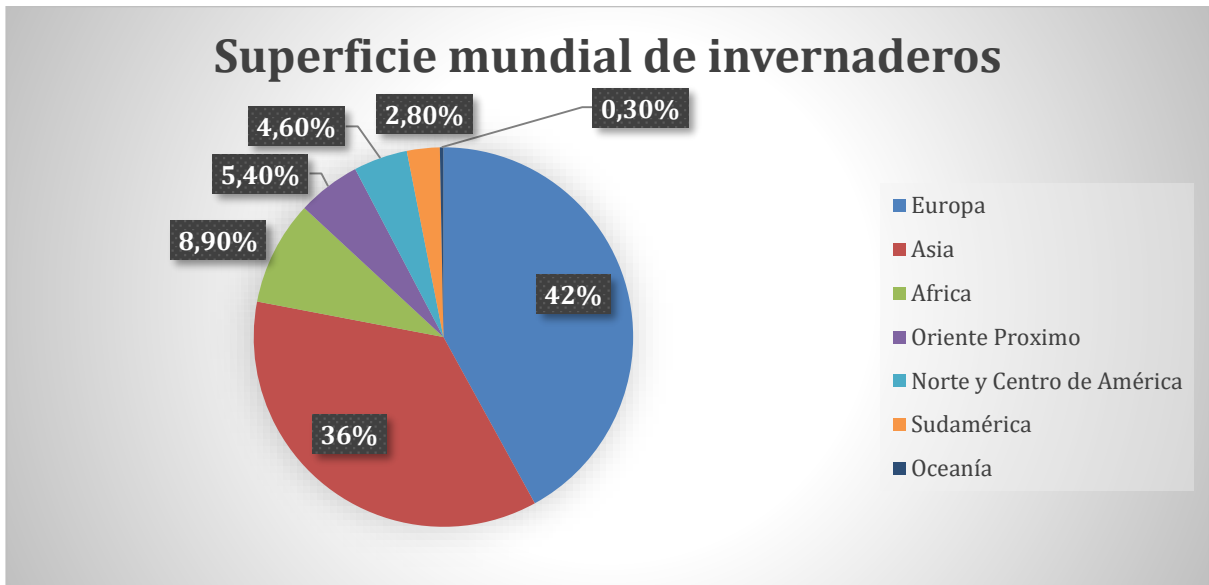
El aumento de la población en el mundo en los últimos años ha dado lugar a un crecimiento en la demanda de alimentos y a una modernización de la agricultura, impulsada por el avance tecnológico y científico de los años 50 (Abad, Garcia, & Muñoz, 1994), en la cual se persigue

ser más eficiente, ahorrando en recursos para así lograr una mayor cantidad y calidad en la producción a través de técnicas, cultivos y utilización de la maquinaria (FAO, 2009).

Debido a que muchas personas ocupan puestos de trabajo en los sectores de abastecimiento necesitan de implementos adecuados para cumplir su tarea de manera eficiente. Otras actividades que realizan son derivadas tales como elaboración, transformación y acondicionamiento de alimentos (Comisión Europea, 2017).

Con el transcurso de la modernización de la agricultura, tuvo lugar el desarrollo de los cultivos hortícolas en invernaderos, que proporcionaron ventajas como la generación de condiciones microclimáticas adecuadas, la restricción de los problemas derivados por las precipitaciones, y la disminución del uso del agua de riego (Lamont, 2009). Así, la superficie de invernaderos en el mundo se estima en 500.000 ha (Figura 1), de las cuales 70.000 ha se encuentran en España (Rabobank, 2018). La producción de hortalizas en invernadero ha aumentado en las últimas décadas, especialmente en áreas con condiciones climáticas adecuadas, como la zona mediterránea (Baudoin, y otros, 2013). Almería es la región con la mayor concentración de invernaderos con 31.034 ha, la mayoría con estructuras de bajo o medio coste con cubiertas de plástico (Bonachela, y otros, 2012), produciendo 3.256.594 Mg de productos frescos, suponiendo  $1.925 \times 10^6$  euros (Fundación Cajamar, 2018); de esta forma, la actividad agrícola, por sí sola, constituye el 24% del producto interior bruto (PIB) y el 27% del empleo en la provincia (Godoy-Durán, Galdeano- Gómez, Pérez-Mesa, & Piedra-Muñoz, 2017). Esta intensificación de la agricultura en Almería ha provocado una serie de problemas ambientales debido, sobre todo, a la lixiviación de nitratos (Molina-Sánchez, Sánchez-Martos, Daniele, Vallejos, & Pulido-Bosch, 2015) (Foster, y otros, 2018), junto a una mala gestión de restos orgánicos (Gómez, 2003); solamente en la provincia de Almería se generan alrededor de  $135 \times 10^4$  t año<sup>-1</sup> de residuos derivados de la agricultura, principalmente restos orgánicos (Junta de Andalucía, 2015).

**Figura 1.** Superficie mundial de invernaderos



Porcentaje de la superficie total de invernaderos del mundo. Elaboración propia a partir de Rabobank (2018).

La degradación de los suelos es un problema que se ha convertido algo cotidiano en cualquier parte del mundo debido a las condiciones climáticas que en las que el mundo se ha visto afectado, el manejo convencional intensivo en Almería se basa en el aporte de gran cantidad de insumos químicos, en especial N mineral, utilizando valores superiores a los que requiere un cultivo, con bajo nulo aporte de materia orgánica, sin laboreo y un riego excesivo. Conjuntamente las inadecuadas rotaciones, lo que ha contribuido en la estabilidad de agregados de suelo disminuyendo la infiltración del agua y la biodiversidad del suelo, una disminución de materia orgánica y aumento en su densidad aparente y en la salinidad del suelo. Con todos estos factores se ha tenido una pérdida de calidad del suelo a largo plazo debido a la disminución de su fertilidad e incremento de costos de producción para poder mantener la productividad de los cultivos que se quieran implementar.

A partir de que los sectores dedicados a la investigación y agricultura se dan cuenta de la necesidad de equilibrar la producción con el ámbito ambiental y social, comienza a promoverse el concepto de sostenibilidad del modelo productivo (Rose et al., 2019), donde se involucran desde los consumidores o productores hasta políticos, de hecho existe la legislación vigente en relación a los problemas ambientales que generan las actividades agrícolas, como la Directiva a 91/676/CEE o el Real Decreto 261/1996, sobre la lucha contra la contaminación de las aguas producidas por nitratos; en concreto, la zona en la que existe mayor concentración de invernaderos en la provincia de Almería, está catalogada como zona vulnerable a

contaminación por nitratos por la Directiva 91/676/CEE. La sostenibilidad desde un punto de vista agrícola es un concepto que considera aspectos económicos, ambientales y sociales, a la vez que promueve la persistencia y resiliencia del sistema productivo (Garibaldi, y otros, 2017)

Por esta razón, se debe buscar una visión innovadora y adecuada en la cual se vea un cambio para tener un modelo productivo y sostenible, a partir de un manejo óptimo del suelo agrícola.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo General**

Comparar si un paquete de manejo del suelo basado en la aplicación de residuos de cosecha, estiércol y compost frente a un manejo del suelo convencional basado en fertiirrigación mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

### **6.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar, como cambian las propiedades físicas con los dos sistemas de manejo (convencional vs. residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas [MCFrRH])
- Estimar la diferencia de materia orgánica entre los dos sistemas de manejo (convencional vs. Manejo con residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas [MCFrRH])
- Describir las diferencias entre los dos sistemas de manejo, respecto a las propiedades químicas.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

*Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.*

<b>OBJETIVO 1</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Evaluar, comparativamente, como cambian las propiedades físicas con los dos sistemas de manejo (convencional vs. [MCFrRH])	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolectar y preparar las muestras del suelo</li> <li>- Realizar el método de la Membrana de Richards</li> <li>- Realizar el método densímetro de Bouyoucos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se preparan las muestras obtenidas para ser llevadas al laboratorio para analizarlas.</li> <li>- Es un método de presión que consiste en aplicar la muestra sobre una membrana porosa.</li> <li>- Se distribuyen las partículas de acuerdo a su tamaño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener muestras óptimas para analizar.</li> <li>- Calcular el contenido de humedad del suelo.</li> <li>- Saber la textura del suelo</li> </ul>
<b>OBJETIVO 2</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Estimar la diferencia de materia orgánica entre los dos sistemas de manejo (convencional vs. [MCFrRH])	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinación de carbono orgánico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Método de Tyurin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Obtener los niveles de materia orgánica que tiene cada sistema de manejo.</li> </ul>
<b>OBJETIVO 3</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>RESULTADOS</b>
Describir las diferencias entre los dos sistemas de manejo, respecto a las propiedades químicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preparación de las muestras para analizar las propiedades químicas.</li> <li>➤ Determinación de las bases y de la capacidad de cambio catiónico.</li> <li>➤ Medir la conductividad eléctrica</li> <li>➤ Medir el pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pesar 5g de muestra de suelo, ponerlos en el embudo de percolación y luego de agregar el acetato sódico y amónico recoger el lixiviado.</li> <li>➤ Utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica y fotómetro de llama junto con el programa WinLab 42 AA Flame</li> <li>➤ Con el lixiviado utilizar un conductímetro de mesa y recolectar los datos.</li> <li>➤ Utilizar el pH metro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recoger un lixiviado listo para utilizar el programa.</li> <li>➤ Obtener las lecturas para saber los valores que tiene las muestras de las bases y la CIC</li> <li>➤ Apreciar los valores e la conductividad eléctrica.</li> <li>➤ Anotar los valores del pH de las muestras</li> </ul>

Elaborado por: Robledo, E. (2023)

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 8.1 La agricultura y los invernaderos

La agricultura es uno de los medios con más antigüedad y en la actualidad sigue teniendo un papel fundamental en algunas regiones del mundo, constituía la base de la economía nacional, sin embargo, la mecanización agrícola redujo el empleo provocando una despoblación rural y mientras las personas se mudaban a la ciudad otros sectores crecían enormemente.

En Europa se encuentra ligada a las normas del libre mercado de la UE. El tipo de demanda de los consumidores y las grandes cadenas de distribución exige alta calidad, trazabilidad y sostenibilidad ambiental, lo que hace que los agricultores se tengan que adaptar buscando una constante modernización. Para esto a su vez se ven obligados a subir el nivel tecnológico y biológico de sus explotaciones. Otros países como Marruecos, Egipto y Túnez han aumentado su producción agrícola y en muchos casos consiguiendo unos precios más rentables (sobre todo en mano de obra). Esto obliga a España a mejorar el rendimiento y la producción para poder competir debiendo ser de nuevo por medio de la mejora tecnológica desde el punto de vista de la rentabilidad (Baudoin, y otros, 2013).

Andalucía es un territorio extenso ubicado a la mitad meridional de la Península Ibérica en una latitud entre 36° y 38° 47N teniendo una extensión de 87.597 km<sup>2</sup>. El medio físico andaluz tiene contrastes por la morfología de sus suelos y sustratos porque se genera una variedad de condiciones para el desarrollo de unas u otras comunidades.

Este gran desarrollo económico no se entiende sin la revolución agrícola que sufrió la provincia gracias a la mejora de las técnicas en el cultivo. Estas mejoras tecnológicas comienzan con la puesta en regadío de las zonas baldías con aguas procedentes de los acuíferos de la zona del Poniente. Más tarde el empleo de métodos como “el enarenado” y el cultivo bajo plástico sirvieron para aumentar la producción y hacer de esta una agricultura rentable (Valera-Martínez, Belmonte-Ureña, Molina-Aiz, & López-Martínez, 2016).

Posteriormente se continuaron con los avances, en los que se buscaba aumentar la producción. Este aumento se llevó a cabo siempre desde un punto de vista que le saliera rentable al agricultor mediante la economización de estos procesos. Así se generalizó la mejora de la infraestructura del invernadero y su eficiencia térmica, se empezó a practicar el fertirriego, la solarización y el encalado entre otros muchos avances



## **La agricultura en invernaderos**

La agricultura en invernadero tiene una gran importancia sobre la economía almeriense hasta el punto que, durante décadas, el empleo y la renta han estado ligadas en la provincia a la evolución de la campaña agrícola (Molina, 2004). Esta importancia sobre la economía ha estado influenciada por los avances tecnológicos en el manejo de cultivos bajo invernadero, que han ido satisfaciendo las necesidades y adaptándose a las particularidades de la zona (Aznar-Sánchez & Sánchez Picón, 2010).

En la actualidad la diversidad de clima y disponibilidad de los recursos ha hecho que las estructuras vayan evolucionadas según sus características haciendo que estas tengan un desarrollo por zonas. En España principalmente en la provincia de Almería, predomina de tipo parral. Esta estructura consiste en estructuras de postes de hierro que sobresalen verticalmente sobre zapatas y unidas con alambres de tensión que sirven para fijar el plástico). Los modelos de cultivo en invernadero están basados en producción y rentabilidad. A principios del siglo XXI, comienza a vislumbrarse en la provincia de Almería un agotamiento de sistema productivo tal y como se viene llevando a cabo, de forma que el aumento de producción no siempre es capaz de sostener los gastos de la explotación debido a la inestabilidad de los precios percibidos por los agricultores (Fundación Cajamar, 2018), sumergiendo a la agricultura en invernadero en una crisis de rentabilidad y poniendo en entredicho el pilar que ha justificado a la agricultura convencional (Delgado & Aragón, 2006).

En las últimas décadas el cultivo por invernadero se ha ido extendiendo en diversas partes del mundo.

De forma paralela, la intensificación de la agricultura en invernadero ha ido dibujando una tendencia hacia la pérdida de calidad del suelo a largo plazo (Merante, y otros, 2017), junto a otros problemas ambientales asociados (Molina-Sánchez, Sánchez-Martos, Daniele, Vallejos, & Pulido-Bosch, 2015). Según FAO, las principales amenazas mundiales para la calidad del suelo son erosión, pérdida de materia orgánica, desequilibrio de nutrientes, salinización, contaminación, acidificación, pérdida de biodiversidad, sellado, compactación del suelo y anegamiento del suelo. De todas ellas, son cuatro las que afectan principalmente a suelos en invernadero: pérdida de materia orgánica, compactación, pérdida de biodiversidad y salinización por agroquímicos.

Debido a estos problemas y amenazas que se van desarrollando, es necesario implementar un sistema productivo alternativo que se base en la sostenibilidad y rentabilidad, que sea capaz de

mantenerse competitivo en el mercado consiguiendo productos de alta calidad. Un sistema productivo alternativo más preciso y capaz de ahorrar insumos externos y disminuir la dependencia de éstos, así como de optimizar recursos, como la biomasa generada por la propia explotación, disminuyendo los residuos (Norris & Congreves, 2018); (Oldfield, Bradford, & Wood, 2019). En los invernaderos existe una cantidad excesiva de los residuos de la cosecha que son generados en las explotaciones agrícolas y que podrían ser utilizados para disminuir el uso de agroquímicos, además no son tratados de manera óptima pueden generar problemas tales como de salud y ambientales.

En este sentido, algunos estudios, tanto en invernadero como al aire libre, han demostrado que la incorporación de este tipo de enmiendas como forma de suministrar directamente materia orgánica, puede causar cambios significativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas, mejorando así la calidad del suelo ( Okur, Gocmez, & Tuzel, 2006); (Marinari, Mancinelli, Brunetti, & Campiglia, 2015); (Zhang, y otros, 2015); (Sánchez-Monedero, y otros, 2019) la vez que satisfacen las demandas nutricionales de los cultivos (Musyoka, y otros, 2019). Sin embargo, para la gestión correcta de los cultivos intensivos en invernaderos, es necesario disponer de más información sobre la evolución de los diferentes indicadores de la calidad del suelo durante el cultivo y su repercusión en la cosecha, además del medio ambiente, que cubra el déficit de información científica existente para este agro sistema, al tiempo que proporcione información útil y convincente.

**Figura 2.** Vista general de los invernaderos de Elejido



Cano, J. (2022). Sequía e inflación: ¿Ya no hay sitio para más invernaderos en Almería? *elconfidencial.com*.

[https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2022-05-08/sequia-inflacion-invernaderos-almeria\\_3419640/](https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2022-05-08/sequia-inflacion-invernaderos-almeria_3419640/)

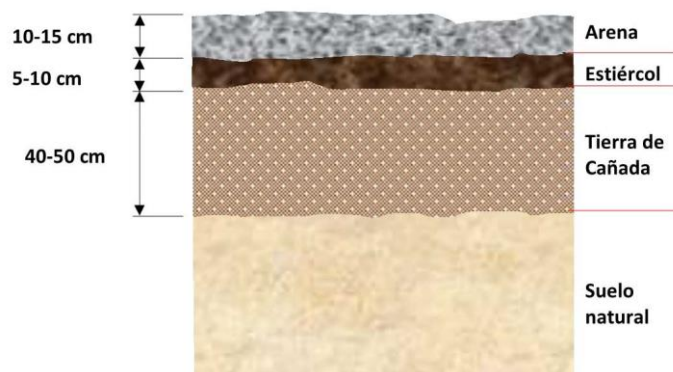
### 8.1.1 Técnicas de conservación de suelos utilizadas

#### Enarenado

Consiste en agregar una capa de arena de 10-12 cm de espesor sobre el suelo, donde se extendió una capa de residuos agrícolas aproximadamente de 8 cm.

Luego de esta práctica se puede cultivar en el suelo por 15 años. Esto ayuda a que no existan cambios bruscos en la temperatura por donde la actividad microbiana se desarrolle más y de mejor manera. Además de conservar mejor la humedad del suelo.

**Figura 3. Técnica del enarenado**



Técnica del enarenado[Figura], por centro de Investigación BITAL,2015,Interempresas(<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/136547-combinacion-suelo-arenado-invernadero-tipo-Almeria-sigue-siendo-tras-50-anos-mejor-opcion.html>)

#### Acolchado

El *mulching* o acolchado es una técnica que consiste en cubrir el suelo con residuos inertes del cultivo, como paja, residuos vegetales, láminas de plástico, etc. (Aguilar Alínquer, B. 2018; p.49).

Es un sistema para mantener el suelo donde el objetivo es conservar el suelo para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

- Se debe establecer el equilibrio entre los estados físico, químicos y biológicos de suelo
- Controlar la vegetación espontánea
- Facilitar el manejo del cultivo.

Esta técnica agrícola ayuda para proteger el suelo de una futura erosión hídrica y ayuda a reducir la escorrentía.

Protege al suelo frente a heladas en el invierno y a la evaporación del agua en verano.

Esta práctica tiene muchas ventajas debido a que incrementan la retención de agua en el suelo, donde se evita la proliferación de hierbas arvenses, que enriquece el terreno y reduce las labores de mantenimiento.

**Figura 4.** Acolchado o mulching



Cómo hacer un acolchado para plantas o mulching. [Fotografía]. Por Sánchez (2018) *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-acolchado-para-plantas-o-mulching-1689.html>

## **8.2 Importancia de disminuir los fertilizantes de origen químicos.**

El aumento de la fertilidad de los suelos es imposible sin un estudio sistemático de los mismos y su aplicación en la producción agrícola. Cualquier medida agro-técnica y de mejoramiento siempre debe realizarse en concordancia con las características particulares de cada tipo de suelo, teniendo en cuenta todos aquellos cambios que pueden sufrir, como resultado de la influencia de la acción del hombre (factor antrópico) (Hernández, 1994).

Se utilizan fertilizantes químicos produciendo una gran cantidad de ácido nítrico y ácido sulfúrico en el suelo al cultivar hortalizas. Por lo tanto, el suelo pierde iones importantes como calcio y magnesio (Aguilar Alínquer, 2018).

### **El mercado de los productos fertilizantes**

A finales de año, la crisis de materias primas y energía afectó de forma significativa al precio de adquisición de los fertilizantes, viendo un incremento en los precios en el que casi se llegaba a triplicar lo que se pagaba a principios del año. (2019, pág. 53)

### **Registro de productos fertilizantes**

El artículo 21 del R.D. 506/2013, de 28 de junio, establece que los productos fertilizantes incluidos en alguno de los grupos 2 (abonos orgánicos), 3 (abonos órgano-minerales), 6 (enmiendas orgánicas). Durante el año 2021 se han tramitado 472 solicitudes, de las cuales han sido 16 de renovación y 54 de modificación, habiéndose inscrito 188 nuevos productos. A

finales de 2021, había 1.395 productos registrados (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

### **Actividades legislativas**

A lo largo del año 2021 se continuó con los trabajos para la implementación del Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se crean disposiciones referentes a la comercialización de los productos fertilizantes con el mercado CE y se modifican los Reglamentos (CE) n.º 1069/2009 y (CE) n.º 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) n.º 2003/2003, que entrará en aplicación totalmente a partir del 16 de julio de 2022. Para ello, se asistió de forma virtual a varias reuniones en Bruselas y se mantuvieron contactos y reuniones con diferentes agentes económicos (Comisión Europea, 2017).

Ante el temor de fabricantes y usuarios de que la derogación del Reglamento CE 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003, provocara un desconcierto en el mercado nacional, e impedirá la comercialización de algunos productos que han demostrado su eficacia en las condiciones agrícolas españolas y que, en consecuencia, son demandados por los usuarios, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación trabajó en un proyecto de orden ministerial que permitiera incorporar la mayoría de los abonos de dicho reglamento, facilitando su continuidad en el mercado.

A lo largo de este año, se ha seguido trabajando en un proyecto de Real Decreto por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios, que se enmarca en los objetivos del Pacto Verde Europeo y de la Estrategia «De la granja a la mesa». (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021)

### **8.3 Suelo**

Es considerado uno de los recursos más importantes y esenciales en la vida tal como el aire y el agua, por eso es necesario mantener la productividad a través de él y prácticas agrícolas adecuadas para que exista un equilibrio entre producción y el incremento demográfico acelerado.

Según la Real Academia de la Lengua, referente a la agricultura:

Es un recurso natural finito y no renovable que nos brinda servicios eco sistemáticos, relacionándose con su participación en procesos biogeoquímicos que son clave para la vida como carbono, nitrógeno, fosforo, etc. Y la energía disponible pasa de los sistemas vivos a las

unidades no vivas del planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (Burbano, 2016).

## 8.4 Propiedades de suelo

### 8.4.1 Las propiedades físicas

Estas estarán definidas en función de la interacción de las distintas fases del suelo, distinguiendo las siguientes propiedades como: textura, estructura, porosidad, color y temperatura.

#### 8.4.1.1 Estructura

Es una característica que puede variar de un horizonte a otro dentro de un mismo suelo, por la organización edáfica a estudiar para describirla es 1 horizonte. En campo se identifican mejor los agregados si el perfil ha tenido ocasión de secarse desde el momento en que se abrió la calicata (Porta, López-Acevedo, & M. Poch, 2019).

Se define por la forma en la que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan y toman aspecto de partículas mayores se los denomina agregados.

Formación de agregados

1. Las partículas de arcilla (de pequeño tamaño y carga negativa) se encuentran dispersas en el agua del suelo. Cuando estas partículas interactúan con cationes calcio y magnesio se forman sólidos, denominados micro agregados.
2. Los micro agregados se unen en macro agregados mediante sustancias cementantes.

Como menciona (Porta, López-Acevedo, & M. Poch, 2019) existen tipos de estructura se describen según la forma:

1. **Estructura laminar:** es la que presentan los suelos desarrollados en llanuras aluviales y en las costas superficiales
2. **Estructura prismática:** estas tienen los vértices angulares y la parte superior plana, son el resultado de grietas de retracción de desarrollo vertical al secarse, es típica de los horizontes subsuperficiales ricos en arcilla iluviada.
3. **Estructura columnar:** es característica de algunos suelos alcalinos cuyo porcentaje de sodio intercambiable, *ESP*, es superior al 15%, por lo que la estructura es muy inestable.
4. **Estructura en bloques:** equidimensionales, no predomina ninguna de las dimensiones, las caras son superficies casi planas que encajan con las de los circundantes. Pueden ser bloques

angulares (las intersecciones de las caras son relativamente angulosas) y bloques subangulares (mezcla de caras redondas y caras planas con vértices un tanto redondeados). En el caso en que los agregados son aproximadamente esféricos o poliédricos y las caras redondas, de manera que no encajan con las adyacentes.

5. **Estructura granular compuesta:** es la estructura más favorable, ya que los agregados son muy estables, por la materia orgánica, la actividad biológica y condiciones físico-químicas, favorece a la circulación de agua y aire típica de los suelos de pradera.
6. **Estructura migajosa:** granular compuesta muy porosa: epipedones con materia orgánica bien evolucionada.

#### 8.4.1.2 Textura

(Aguilar Alínquer, 2018) menciona que: “la textura de un suelo se refiere a cada una de las partículas elementales que lo constituyen. Expresa las proporciones relativas de las diferentes fracciones sólidas del suelo, definidas según el tamaño de las partículas minerales. (p.17).”

Las partículas elementales se clasifican en arcilla, limo y arena.

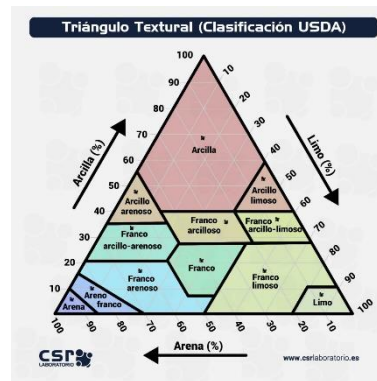
Para saber que textura tiene el suelo se debe mirar el porcentaje de arena, limo y arcilla que los componen.

**Tabla 2.** Clasificación de las texturas

Clasificaciones	Fracciones	
	Denominación	Diámetros ( $\mu\text{m}$ )
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	Arena muy gruesa	2000 > $\phi$ >1000
	Arena gruesa	1000 > $\phi$ >500
	Arena media	500 > $\phi$ > 250
	Arena fina	250 > $\phi$ > 100
	Arena muy fina	100 > $\phi$ > 50
	Limo grueso	50 > $\phi$ > 20
	Limo fino	20 > $\phi$ > 2
	Arcilla	2 > $\phi$
Internacional Completa (ISSS)	Arena gruesa	2000 > $\phi$ > 200
	Arena fina	200 > $\phi$ > 20
	Limo	20 > $\phi$ > 2
	Arcilla	2 > $\phi$
Europea completa (EU)	Arena gruesa	2000 > $\phi$ > 600
	Arena media	600 > $\phi$ > 200
	Arena fina	200 > $\phi$ > 60
	Limo grueso	60 > $\phi$ > 20
	Limo medio	20 > $\phi$ > 6
	Limo fino	6 > $\phi$ > 2
	Arcilla gruesa	2 > $\phi$ > 0,6
	Arcilla media	0,6 > $\phi$ > 0,2
Arcilla fina	0,2 > $\phi$	

Principales sistemas de clasificación físico-mecánica del suelo. Fuente (Marañés Corbacho, Sánchez Garrido, de Haro Lozano, Sánchez Gómez, & Lozano Cantero, 1994).

**Figura 5. Triángulo textural**



Universidad Internacional de Riego (2019) Las clases texturales del suelo. [Imagen]  
<https://www.universidadderiego.com/wp-content/uploads/2019/05/TrianguloTexturas-1024x1024.jpg>

#### 8.4.1.3 La porosidad

Se determina calculando el volumen de aire y agua en una unidad de volumen de suelo, expresado en porcentajes (%)

#### 8.4.1.4 Densidad aparente

Relación entre una masa de suelo seco y el volumen total que ocupa la muestra inalterada. Se expresa en  $\text{Kg m}^{-3}$  de suelo. Valor promedio de  $1350 \text{ Kg m}^{-3}$ .

#### 8.4.1.5 Densidad Real

Relación entre la masa del suelo seco y el volumen de las partículas expresa en  $\text{Kg m}^{-3}$  de suelo. Valor promedio de  $2650 \text{ Kg m}^{-3}$ , es la que corresponde al cuarzo.

#### 8.4.1.6 Permeabilidad

Habilidad con la que cualquier fluido pasa a través de un medio poroso en general en respuesta a un gradiente de potencial hidráulico.

#### 8.4.1.7 La temperatura

Esto varía del día a la noche y en las diferentes estaciones.

Los factores que influyen en la temperatura son el ángulo de incidencia, la cobertura del suelo, el color, la profundidad y la época de medición.

La vegetación y los residuos vegetales proporcionan sombra y aislamiento donde se amenora el descenso de la temperatura nocturna y el calentamiento diurno.



La temperatura puede variar de dos maneras:

- Drenando el suelo cuando está húmedo, esto elimina el exceso de enfriamiento.
- Incrementando o disminuyendo el porcentaje de la cobertura vegetal.

#### **8.4.1.8 El color**

Todos los suelos presentan diferentes colores mismos que se relacionan con las propiedades físicas, químicas que estos poseen.

En este caso se permite identificar algunas condiciones de la edafogénesis, la presencia unos y otros elementos. También se pueden comparar los horizontes y los distintos perfiles de diversos suelos.

El color pardo permite establecer una estrecha correlación entre presencia de humus y la intensidad de la coloración.

Esto permite evaluar la acción antrópica sobre el suelo, establecer que suelo es idóneo para su conservación en el uso del territorio, o que suelos y horizontes pueden utilizarse para la reposición en el caso de impactos.

Se incluye una lista de colores generado por los algunos elementos cromáticos.

- Arcillas: suelos grises, blancos o rojizos.
- Humus: suelos café oscuro o azulados.
- Carbonatos, calizos y cuarzo: suelos blancos o grises.
- Feldespatos: suelos tonos rojizos.
- Oxido ferroso: suelos verdes grisáceos o azulados.

#### **8.4.2 Las propiedades químicas.**

Como menciona (Porta, López-Acevedo, & M. Poch, 2019)

“Los elementos químicos se encuentran en la fase sólida (en las redes cristalinas de los minerales y en la materia orgánica), en la fase líquida (en solución y en la interfase entre las partículas sólidas y el agua del suelo) y en la fase gaseosa. Se encuentra un elemento condiciona su reactividad, movilidad y biodisponibilidad. (págs. 193-194).

##### **8.4.2.1 Capacidad de intercambio catiónico**

Es la capacidad de intercambio de cationes que presenta el suelo, es decir los enlaces negativos susceptible de absorber e intercambiar los cationes procedentes de la solución edáfica se

expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo y se representa con las iniciales CIC. (Cobertera, 2016).

La Capacidad de intercambio catiónico se expresan en centimoles de carga positiva por kilogramo,  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ . El valor numérico es el mismo con ambas unidades.

#### **8.4.2.2 Conductividad eléctrica.**

Es la capacidad del suelo de conducir una corriente eléctrica (McNeill, 1992), en tanto que la CEa es una medida de la conductividad eléctrica promedio representativo del perfil de suelo, hasta una profundidad dependiente del equipo utilizado. (Coitiño-López , Barbazán , & Ernst, 2015).

Esta característica influye en el esfuerzo que tiene que realizar la raíz de la planta para absorber los nutrientes por los fertilizantes. Por tanto, si se encuentra por encima del valor óptimo para el cultivo, la planta tendrá que esforzarse en mayor medida para extraer los nutrientes, haciendo que exista un gasto adicional de energía que influirá en el rendimiento productivo.

#### **8.4.2.3 pH**

(Juárez Sanz, Sánchez Andreu, & Sánchez Sánchez, 2006)

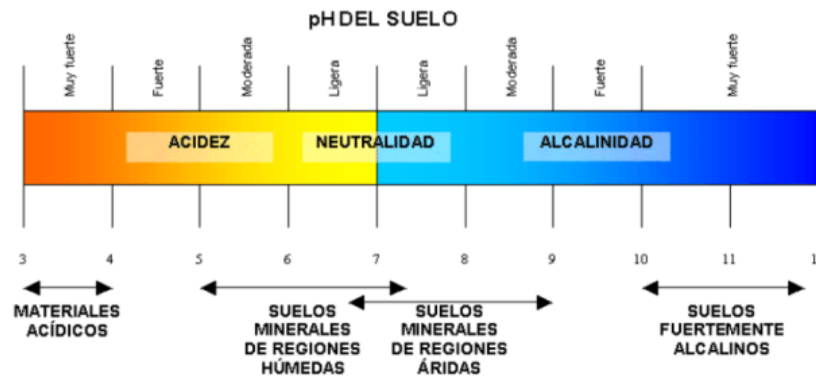
La reacción del suelo es un término que se utiliza para indicar reacciones ácido-base en los suelos, este tipo de reacciones afectan de forma directa o indirecta a una gran cantidad de procesos del suelo como reacciones químicas y bioquímicas.

Una medida de la reacción del suelo es la determinación del pH del mismo. Debido a que la concentración de  $\text{H}^+$  en suelos y líquidos fisiológicos es más bien baja se expresa como la inversa del logaritmo de la concentración de  $\text{H}^+$ . Matemáticamente tendremos:

$$\text{pH} = \log (1/ [\text{H}^+]) = -\log [\text{H}^+]$$

donde  $[\text{H}^+]$  representa la concentración de  $\text{H}^+$ .

**Figura 6.** Escala del pH en el suelo.



Andía, I. B. (2016). *Escala de pH del suelo*. Irbin Barrientos Andía.

<https://irbinbarrientosandia.wordpress.com/2016/06/26/escala-de-ph-del-suelo/>

#### 8.4.2.4 Elementos en forma de cationes

1. Ca ++
2. K+
3. Mg++
4. Cati3n Fe

#### 8.4.3 Las propiedades biol3gicas

##### 8.4.3.1 Materia org3nica del suelo.

(Porta, L3pez-Acevedo, & M. Poch, 2019) menciona que la materia org3nica del suelo es mezcla de restos de vegetales, animales y microbianos con sus productos de transformaci3n y descomposici3n, que incluye sustancias h3micas de s3ntesis y millones de organismos vivos: mesofauna, microfauna y microorganismos que, junto con las enzimas, son responsables de innumerables procesos biol3gicos (bioqu3micos entre otros) y reacciones abi3ticas (proceso de sorci3n/desorci3n, polimerizaci3n, condensaci3n, intercambio cati3nico, transporte de productos org3nicos y minerales), que tiene lugar en el suelo y determinan su funcionamiento.

La MOS constituye una fuente de energ3a metab3lica para los microorganismos y la fauna del suelo. Cuando se mineraliza libera macronutrientes para las plantas tales como: nitr3geno, f3sforo y azufre, as3 como micronutrientes, mientras que, al biodegradarse, puede liberar vitaminas y amino3cidos. Asimismo, contiene reguladores del crecimiento que puede tener efectos antibi3ticos. Por otro lado, los suelos tienen capacidad para secuestro C, al poderlo

almacenar en forma de materia orgánica, que puede permanecer estable durante largo tiempo, lo que supone un efecto favorable, al contribuir a disminuir el efecto invernadero o de calentamiento global. (págs. 180-183)

#### **8.4.3.2 Sustancias húmicas o humus**

El humus es el componente más característico de la materia orgánica del suelo. Una definición clásica es la debida a F.J Stevenson (1994): conjunto de sustancias con peso molecular relativamente alto (macro moléculas); de color pardo a pardo-negruzco; formado por reacciones de síntesis secundaria (repolimerización); y que se puede fraccionar atendiendo a sus características de solubilidad.

### **8.5 Muestreo y preparación de muestras**

#### **8.5.1 Preparación de muestras para el estudio en el laboratorio.**

Como menciona (Marañés Corbacho, Sánchez Garrido, de Haro Lozano, Sánchez Gómez, & Lozano Cantero, 1994)

Para poder obtener una muestra de calidad se debe seguir las siguientes operaciones:

1. Ordenamiento y clasificación de las bolsas recogidas en el campo.
2. Registro de las muestras, asignándoles un número para identificarse durante el análisis.
3. Secado de las muestras hasta humedad ambiental. Las muestras del campo presentan un contenido de humedad que no está en equilibrio con la humedad del ambiente. Para evitar pérdidas de peso por evaporación durante los análisis se trabaja con muestras secadas al aire.  
El secado se realiza extendiendo la muestra sobre una superficie no absorbente (bandeja de plástico o similar), a temperatura ambiente, hasta que se aprecia el secado al tacto.
4. Desmenuzamiento de los agregados, con posterior tamizado a 2mm y homogenización ya que los análisis se realizan sobre tierra fina. Se realiza mediante molino de bolas, de tal forma que no se rompan elementos gruesos y solo se destruyan los agregados. Se separa la tierra fina y los elementos gruesos.
5. Determinación del porcentaje de elementos gruesos (grava, piedras y pedregones) y caracterización de los mismos. Se calcula el peso de los elementos gruesos y después de haberlos lavado y secado.
6. Molienda de una parte de la muestra, ya que en determinados análisis. Se requiere homogeneidad del material. Se realiza en un mortero de ágata manual o mecánico con

la intensidad adecuada y durante el tiempo suficiente como para que toda la muestra tenga un diámetro inferior a 0,2 mm.

7. Conservación adecuada de las muestras para no alterar sus propiedades, en recipientes cerrados y en lugar fresco y seco. (p.3-4).

## **9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

El manejo integral del suelo donde se aporta residuos de cosecha contribuye a mejorar la calidad del suelo haciendo que se reduzca la dependencia de insumos químicos.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1 Modalidad básica de investigación.**

#### **10.1.1 Experimental**

La presente investigación fue de carácter experimental debido a que se evaluaron distintas características del suelo tras la comparación de distintos tratamientos (en este caso manejo convencional vs. Manejo ecológico basado en la incorporación de residuos agrícolas de cosecha).

#### **10.1.2 De campo**

Este estudio es un estudio de campo porque implica recopilar muestras sobre los indicadores de la calidad del suelo fuera del laboratorio o el lugar de trabajo. A su vez, los datos necesarios para el estudio se obtuvieron del entorno real y no fueron controlados.

### **10.2 Técnicas**

#### **10.2.1 Observación estructurada**

Basada en utilización de elementos técnicos adecuados como: tablas, cuadros, libro de campo entre otros.

#### **10.2.2 Libro de campo**

Es una herramienta de investigación esencial e importante en la realización de investigaciones, incluido el trabajo de campo. Este es un buen ejemplo de búsqueda básica, ya que implica recopilar datos para diseñar y validar estudios. Además, cabe señalar que una parte importante del proceso de aprendizaje es el desarrollo de habilidades observacionales y descriptivas inherentes a todo investigador.

### 10.3 Área de estudio.

#### 10.3.1 Ubicación.

*Tabla 3. Características del sitio de investigación*

<b>Provincia</b>	Almería	<b>Longitud</b>	36° 48' N, 2° 43' O
<b>Cantón</b>	El Ejido	<b>Latitud</b>	36,79316
<b>Localidad</b>	Estación Científica de Cajamar	<b>Altitud</b>	151 m.s.n.m

**Elaborado por:** (Robledo E, 2023)

#### 10.3.2 Descripción de los invernaderos

El trabajo experimental se realizó en dos invernaderos de plástico contiguos e idénticos (Invernadero 28 e Invernadero 30) con suelo similar e historial de cultivos, ubicado en la Estación Científica de Cajamar, El Ejido, Almería, sureste (SE) de España (36° 48' N, 2° 43' O y 151 m de altitud). Cada uno de ellos tenía 24 m de largo por 18 m de ancho, con orientación este-oeste. La altura mínima fue en las bandas laterales (2,9 m) y la máxima en cumbre (4,2 m). El revestimiento del invernadero era una película trilaminada de polietileno de baja densidad (LDPE) (200 µm de espesor). Los invernaderos estaban sin calefacción, ventilados pasivamente por medio de dos respiraderos laterales enrollables (2 m de altura x 22 m de largo), cubiertos con mallas a prueba de insectos, en los lados norte y sur, y un respiradero de techo.

*Figura 7. Ubicación del área de estudio. Imagen de la vista área cedida por Estación Experimental Cajamar.*





Estación Experimental  
Cajamar. Vista aérea 28 y 30

### 10.3.3 Descripción de los paquetes de gestión del suelo.

Invernadero 30: Paquete de manejo convencional (MC). El suelo era un estratificado artificial compuesto, de arriba abajo, por una capa de arena de río que actuaba como mantillo inorgánico (capa L1: 0-10 cm de profundidad), una capa de suelo franco arcilloso limoso importado de una cantera (capa L2: 10-10 cm de profundidad). 40 cm de profundidad) y suelo original franco arcillo arenoso (capa L3: >40 cm de profundidad) En este suelo no se realizó otro manejo más que fertirrigación, como es típico en los invernaderos comerciales. El nitrógeno total agregado en forma de fertilizante nitrogenado en este tratamiento a lo largo del experimento fue de  $51,37 \text{ g m}^{-2}$ .

Invernadero 28: Paquete de gestión de residuos agrícolas y labranza (MCFrRH). Se añadió sobre el mantillo una enmienda de  $2,0 \text{ kg m}^{-2}$  de arena mediana a gruesa. Después de eso, el suelo fue labrado a una profundidad de 40 cm utilizando un arado de cincel de cinco dientes de doble bobina accionado por un tractor Pasquali Siena K5.60, mezclando la arena nueva añadida con el mantillo y la capa de suelo importado (capas L1 y L2), con dos pasadas cruzadas de arado. Un día después, modificaciones orgánicas se añadieron al suelo: residuos de cosecha triturados ( $2,0 \text{ kg m}^{-2}$  de peso fresco;  $0,44 \text{ kg m}^{-2}$  de peso seco) de un cultivo anterior de pimiento dulce (*Capsicum annuum L.*) y compost maduro, que se produjo en el sitio a partir de residuos de cultivos de tomate y pimiento dulce ( $2,0 \text{ kg m}^{-2}$  peso fresco;  $1,24 \text{ kg m}^{-2}$  peso seco). Las enmiendas orgánicas se mezclaron a una profundidad de 15 cm utilizando un cultivador de dos ruedas autopropulsado (Pasquali 10.0 ZR, BCS Ibérica SAU, Terrasa, España). El nitrógeno total estimado agregado en forma de enmiendas orgánicas fue de  $28,4 \text{ g m}^{-2}$ . El nitrógeno total agregado en forma de fertilizantes nitrogenados en este paquete de manejo fue de  $18,84 \text{ g m}^{-2}$ .

## **10.4 MATERIALES**

### **10.4.1 Institucionales**

- Universidad de Almería
- Departamento de Agronomía
- Laboratorio de Edafología y química agrícola.

### **10.4.2 Equipos de oficina**

- Computadora
- Bolígrafo
- Cuaderno
- Lápiz

### **10.4.3 Materiales de campo**

- Azadón
- Bandeja
- Pala

### **10.4.4 Equipos del laboratorio**

- Densímetro de Bouyoucos
- cronómetro
- Matraces de Erlenmeyer de 100 mL
- Embudos
- Pipeta de doble enrase de 10 mL
- Baño de arena
- Arena de mar
- Bureta
- Frasco lavador
- Calcímetro de dos columnas, una con mercurio y otra con una disolución saturada de CO<sub>2</sub>
- Frasco(biberones) con tapones sellados
- Tubos de ensayo de pequeño tamaño
- Frasco lavador con agua destilada



- Frasco lavador con HCl 1:1
- Agujas hipodérmicas.
- Balanza analítica de  $\pm 0,01$ g de precisión
- Estufa a 105 °C.
- Desecador
- Espátula.
- Pesa-sustancias con tapadera.
- Balanza analítica
- Equipo de presión para extraer el agua: membranas porosas, arandelas para contener las muestras, olla de presión regulable, compresor.
- Embudos de percolación del  $\pm 100$  mL
- Lana de vidrio
- Varillas de vidrio
- Matraces aforados de 100 ml
- Frascos lavadores
- pHmetro
- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Fotómetro de llama
- Conductímetro

#### 10.4.5 Reactivos

- HCl 1:1
- Disolución saturada de CO<sub>2</sub>
- CaCO<sub>3</sub> puro, seco en estufa y conservado en el desecador
- Dicromato potásico. Se disuelven 20g de dicromato potásico en 500mL de agua. destilada y añadiese 500 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado en continua agitación.
- Sal de Mohr.
- Ácido fenil- antranílico (indicador).
- Sulfato de plata (catalizador) Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Soluciones patrón de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>. para calibrar
- Alcohol metílico o etílico exento de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>
- Ácido acético.

- Solución de hidróxido sódico al 10%.
- Amoniaco.
- Acetato amónico 1N de pH = 7,0.
- Acetato sódico 1N a pH = 8,2.

## **10.5 MÉTODOS DE LABORATORIO**

### **Toma de muestras del suelo**

Se refiere a recoger las muestras en el terreno en aquellas proporciones necesarias para luego ser llevadas al laboratorio.

Se toma la muestra por cada horizonte o bien por cada porción del perfil

Las muestras que se tomaron en el campo se clasifican donde se registra las muestras, asignándole un código o números para que se pueda identificar durante los análisis.

Las muestras húmedas de campo se molieron y tamizaron a través de un tamiz de 2 mm. Una parte de la muestra se secó al aire y se almacenó a temperatura ambiente para la determinación de las propiedades químicas.

### **Métodos de laboratorio empleados:**

Los procedimientos que se utilizaron para obtener los valores de las diferentes características del suelo que nos interesaban fueron los siguientes:

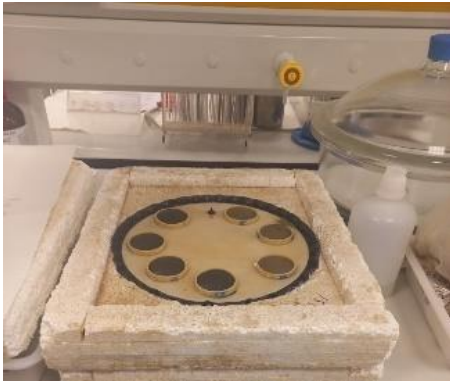
#### **10.5.1 Análisis Físicos**

##### ***10.5.1.1 Contenido de humedad.***

#### **Método de la membrana de Richards**

Es un método de presión que consiste en saturar la muestra en agua (Fotografía 1) dejarla reposar durante 24 horas y luego ser colocada en una membrana porosa se lleva una olla de presión (Fotografía 2), donde se regula la presión y ahí se mantiene de 24 a 48 horas.

*Fotografía 1. Saturación de las muestras con agua.*



Elaborado por Robledo, E. (2023).

*Fotografía 2. Olla de presión regulable*



Elaborado por Robledo, E. (2023).

### ***10.5.1.2 Determinación de textura***

#### **Método densímetro de Bouyoucos.**

Es un método en el cual se mide el tamaño de los sólidos en una suspensión, a medida que las partículas se van depositándose va midiendo debido a la velocidad en la cae las partículas del suelo. Por eso las lecturas se toman a diferentes tiempos.

**Fotografía 3.** Muestras en un vaso de precipitación de 1000ml



Elaborado por Robledo, E. (2023).

**Fotografía 4.** Densímetro de Bouyoucos a lado de los vasos de precipitación



Elaborado por Robledo, E. (2023). Práctica del densímetro de Bouyoucos.

## 10.5.2 Análisis Químicos

### 10.5.2.1 Determinación de carbonato cálcico equivalente

#### Método de E. Barahona

Los carbonatos son medidos por disolución en una solución acida como HCl, debido a la efervescencia que este produzca.

Utilizamos un calcímetro (Imagen 7) la cual tenía dos columnas una de ellas tiene mercurio y la otra una disolución saturada de  $\text{CO}_2$ , en los biberones (Imagen 6) se pusieron muestras del suelo molido finamente para luego agregar HCl teniendo mucho cuidado. Y regulando la temperatura de los biberones con la del laboratorio se trascurió ese tiempo y se vertió el HCl esperando su reacción.

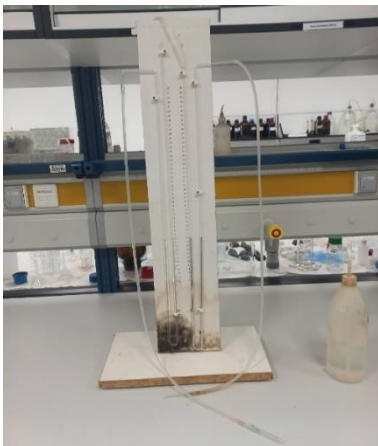
Los que tuvieron la efervescencia se mide en la columna del mercurio y aquellas que no en la disolución saturada de  $\text{CO}_2$ .

**Fotografía 5.** Biberones (blanco, patrones y muestra)



Elaborado por Robledo, E. (2023).

**Fotografía 6.** Calcímetro de dos columnas



Elaborado por Robledo, E. (2023). Práctica del laboratorio. Carbonato cálcico equivalente.

#### **10.5.2.2 Determinación de las bases y de la capacidad de cambio catiónico.**

Para poder realizar esta práctica se preparan los embudos de percolación de se pone la muestra de suelo y primero se agrega acetato amónico hasta el tope del embudo dejando que trascorra el tiempo y obtener un lixiviado en matraces aforados de 100 ml con este se midió las bases de cambio. Luego agregamos acetato sódico para eliminar el exceso de  $\text{Na}^+$ , de ahí agregamos nuevamente el acetato amónico dejamos pasar el tiempo y recogemos ese lixiviado para medir el  $\text{Na}^+$

*Fotografía 7. Embudos de percolación con las muestras de suelo.*



**Elaborado por** Robledo, E. (2023).

*Fotografía 8. Lixiviados recogidos y puesto en tubos de ensayo.*



**Elaborado por** Robledo, E. (2023).

*Fotografía 9. Calibración del espectrofotómetro y fotómetro de llama*



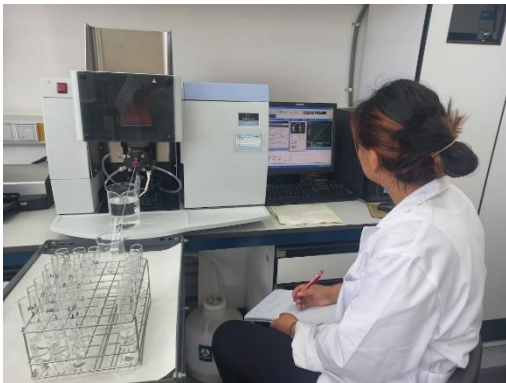
**Elaborado por** Robledo, E. (2023).

**Fotografía 10.** Utilizamos el programa WinLab 42



**Elaborado por** Robledo, E. (2023).

**Fotografía 11.** Anotación de las lecturas de los lixiviados



**Elaborado por** Robledo, E. (2023). Práctica del laboratorio. Bases y Capacidad de Intercambio catiónico.

### ***10.5.2.3 Determinación de la conductividad eléctrica.***

Se obtienen un lixiviado de las muestras del suelo luego se eso se las lleva al conductímetro que debe ser previamente limpiado y calibrado.

Se toman las muestras y le acercamos a nuestro conductímetro y esperamos que nos den los resultados y repetimos ese proceso con todas las muestras.

**Fotografía 12. Preparación del lixiviado**



Elaborado por Robledo, E. (2023).

**Fotografía 13. Muestras en el conductímetro**



Robledo, E. (2023). Práctica del laboratorio. Conductividad Eléctrica.

#### **10.5.2.4 Determinación del pH**

Es necesario calibrar el pH metro, para poder una medida correcta y por eso es necesario calibrarlo.

Utilizamos el lixiviado de las muestras se toman unas gotas y se ponen en el pH metro y se anotando los valores que se obtienen y así con todas las muestras.

**Fotografía 14. Lixiviado de las muestras**



Robledo, E. (2023).



*Fotografía 15. pH metro*



Robledo, E. (2023). Práctica del laboratorio. Medición del pH.

### **10.5.3 Análisis Biológicos**

#### ***10.5.3.1 Determinación de materia orgánica***

##### **Método de Tyurin**

Determinamos la materia orgánica analizando el carbono orgánico que consiste en óxido-reducción por retroceso, en el cual la materia orgánica del suelo se oxida con el oxidante dicromato potásico y luego se valora la cantidad de dicromato reducido mediante la aplicación de la sal de Mohr y se toman en cuenta la cantidad gastada.

*Fotografía 16. Baño de Arena*



Robledo, E. (2023)

**Fotografía 17. Aplicación de la sal de Mohr**



Robledo, E. (2023). Práctica del laboratorio. Método de Tyurin.

**10.5.4 Análisis estadístico.**

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat, el programa WinLab 42 AA Flame y el software EXCEL. Debido a la falta de normalidad, los datos se compararon, como muestras independientes, mediante métodos no paramétricos. Para dos grupos se utilizará la prueba U de Mann-Whitney.

**11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

**11.1 Variables físicas**

**11.1.1 Determinación de Textura**

**Tabla 4. Tamaño de las partículas**

Porcentaje sobre tierra fina	D: Diámetro equivalente de la partícula									Clasificación
	Módulo	2>D>1	1>D>0,5	0,5>D>0,25	0,25>D>0,1	0,1>D>0,075	0,075>D>0,05	0,05>D>0,02	0,02>D>0,002	
28	12,99	14,77	18,23	7,87	1,49	1,04	2,52	21,42	19,66	Franco-arenosa
30	2,57	3,11	3,02	1,96	0,99	0,95	5,59	48,86	32,97	Franco-arcillo-limosa

**Elaborado por:** Robledo, E. (2023).

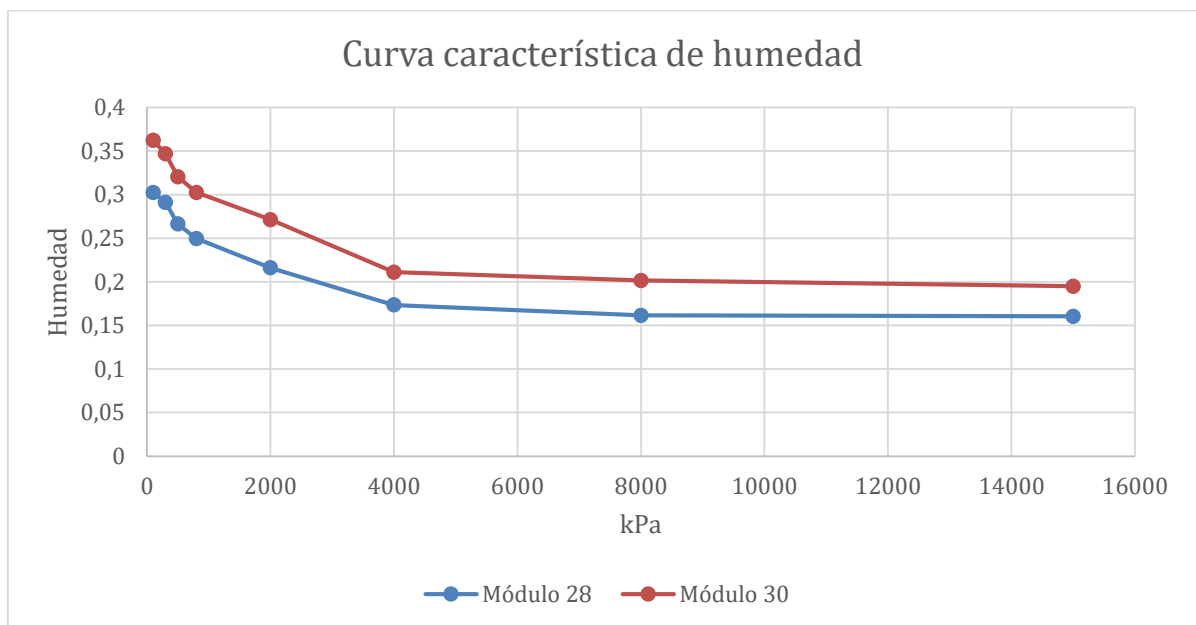
Tras determinar la textura se concluye que el invernadero 28 tiene una textura franco-arenosa y por otro lado el invernadero 30 tiene una textura franco-arcillo- limoso.

### 11.1.2 Determinación del contenido de humedad.

*Tabla 5. Curva de humedad*

Curva característica de humedad	Invernadero 28	Invernadero 30
100	0,3025	0,3624
300	0,2911	0,3467
500	0,2663	0,3204
800	0,2496	0,3024
2000	0,2161	0,2713
4000	0,1734	0,211
8000	0,1615	0,2015
15000	0,1603	0,1949

*Figura 8. Curva de característica de humedad*



Tras analizar la humedad del suelo se determinó que en el módulo 28 los suelos arenosos liberan gran cantidad de agua a muy bajas presiones, puesto que tienen una alta porosidad y bajas densidades que los hace más susceptibles a la pérdida de humedad, en cambio en el módulo 30 el suelo permite retener grandes cantidades de agua y nutrientes, debido al pequeño tamaño de las partículas que componen este suelo, por los pequeños espacios entre las partículas.

## 11.2 Variables químicas

### 11.2.1 Determinación de las bases y de la capacidad de cambio catiónico.

**Tabla 6.** Resultado la capacidad de intercambio catiónico y bases

	T1		T2		T3	
	28	30	28	30	28	30
<b>Ca</b>	9,10 (±4,01)	10,68 (±2,11)	9,83 (±4,17)	14 (±2,81)	7,84 (±0,63) a	16,09 (±4,89) b
<b>Na</b>	7,38 (±1,88) a	1,89 (±0,28) b	13,80 (±10,81) a	3,29 (±0,88) b	8,94 (±5,44)	3,02 (±0,74)
<b>Mg</b>	6,56 (±1,29) a	3,48 (±0,82) b	9,73 (±5)	4,47 (±1,24)	7,97 (±1,86)	4,36 (±1,64)
<b>K</b>	3,28 (±0,89) a	0,96 (±0,12) b	5,27 (±2,38) a	1,55 (±0,27) b	4,98 (±1,30) a	1,32 (±0,62) b
<b>CIC</b>	25,98 (±5,26)	23,16 (± 3,21)	21,51 (±15,84)	24,20 (±4,79)	24,51 (±11,28)	24,61 (±3,06)
<b>CICT</b>	26,31 (±5,03)	17 (±3,07)	38,63 (±10,84)	23,30 (±4,96)	29,71 (±5,22)	24,78 (±7,83)

Elaborado por: Robledo, E. (2023).

La cantidad de calcio en la toma de muestra es mayor en el invernadero 30 y se mantiene en las 3 diferentes ocasiones obteniendo valores alto en el invernadero donde se utilizó un manejo convencional. En cambio, la cantidad de sodio que obtuvimos es mayor en el invernadero 28 paquete MCFrRH teniendo diferencias significativas es decir que para obtener mayor cantidad de sodio es bueno incrementar materia orgánica en el suelo de manera directa.

El Magnesio al igual que el sodio es mayor en el paquete MCFrRH frente al convencional obteniendo valores desde 6,56 finalizando en 7,97 siendo más alto frente a los valores 3,48 hasta 4,47 teniendo mayor cantidad de magnesio en el invernadero 28 por eso ayuda a mejorar el acceso de las raíces a nutrientes de baja movilidad incrementando absorción de agua y nutrientes a mayor profundidad. (Coitiño-López , Barbazán , & Ernst, 2015).

La cantidad de K encontrada en el paquete MCFrRH es mayor que el paquete convencional teniendo diferencias significativas en las diferentes tomas de datos con valores de 3,28; 5,27 y 4,98 en el invernadero 28 en cambio en el invernadero 30 se obtuvieron valores 0,96; 1,55 y 1,32. El potasio desempeña un papel fundamental en el suelo porque ayuda a disminuir el potencial osmótico del agua evitando la pérdida de ayuda en hojas y aumenta la habilidad de absorción del agua (Juárez Sanz, Sánchez Andreu, & Sánchez Sánchez, 2006).

CIC media es el promedio de los valores obtenidos de los cationes en la primera el valor 25,98 que es el mayor está en el invernadero 28, en cambio el segundo es mayor el valor 24,20

obtenido del invernadero 30 y en el ultimo el valor mayor es 24,61 que corresponde al invernadero 30. Por eso el paquete convencional es el que tiene valores mayores de CIC.

Considerando los datos obtenidos en CICT (Capacidad de intercambio catiónico total) en el paquete de manejo convencional es menor que paquete MCFrRH, en el primero los valores obtenidos son 17; 23,30; 24,78 su incremento en la segunda toma de datos es significativa sin embargo a la tercera el incremento es corto con respecto al segundo dato obtenido. Por otra parte, el MCFrRH incrementa a la segunda toma de datos sin embargo para el tercer dato disminuye. La capacidad del suelo para apoyar y estimular el crecimiento y productividad vegetal (Fageria y Baligar, 2005). La materia orgánica en el suelo incrementa la capacidad de retener nutrientes en el suelo por eso posee una mayor capacidad de intercambio.

### 11.2.2 Conductividad eléctrica y Ph

*Tabla 7. Datos obtenidos de C.E y pH*

	T1		T2		T3	
	28	30	28	30	28	30
<b>Conductividad eléctrica</b>	3,31 (± 0,84) a	0,53 (± 0,12) b	7,76 (±3,94) a	0,70 (±0,18) b	4,66 (± 3,02) a	0,50 (± 0,04) b
<b>pH</b>	7,75 (±0,13) a	8,48 (±0,05) b	7,83 (±0,10) b	8,55 (±0,06) a	7,88 (±0,10) a	8,70 (±0,12) b

Elaborado por: Robledo, E. (2023).

El manejo con residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas la conductividad eléctrica aumento significativamente con respecto a la segunda fecha que se recolectaron los datos, pero para la tercera fecha disminuyo. En este caso los valores máximos se detectan luego de incorporar las enmiendas orgánicas, para luego tener una disminución, los valores obtenidos van desde 3 hasta 7 siendo valores muy altos. En el manejo convencional la conductividad eléctrica los valores son menores a 1.

Los valores del pH en el invernadero 28 se mantuvieron entre 7,7 hasta 7,9 la diferencia es mínima entre los datos obtenidos donde luego de incorporar la enmienda orgánica se incrementan los valores, pero la diferencia no es excesiva. En cambio, en el invernadero 30 los valores del pH rondan de 8,40 hasta 8,70 aumenta poco de los diferentes tiempos, pero el incremento es mínimo.

Estas dos propiedades son variables que ayudan a medir y predecir la disponibilidad de nutrientes para las plantas en un sistema de producción agrícola. El incremento de la conductividad eléctrica en el paquete de manejo MCFrRH, frente a la del paquete de manejo

convencional es importante debido al riesgo de salinización del suelo (Voogt et al., 2017), porque limitan el crecimiento de la planta reduciendo la productividad agrícola, porque la planta trabaja más para extraer el agua del suelo y los nutrientes disponibles en él.

### 11.3 Variables biológicas.

#### 11.3.1 Materia orgánica.

*Tabla 8. Datos obtenidos del Carbono y sus formas*

	T1		T2		T3	
	28	30	28	30	28	30
C elemental	77,68 (± 13,12)	48,43 (±3,98)	69,13 (±7,48)	46,88 (±2,25)	73,90 (±13,07)	46,85 (±3,39)
COT	37,87 (±10,85)	13,49 (±5,96)	31,25 (±2,57)	15,44 (±5,77)	36,91 (±29,29)	11,64 (±2,74)
C Labil	694,53 (±21,08)	289,77 (±49,39)	691,21 (±15,71)	221,80 (±23,80)	673,32 (±30,42)	159,03 (±88,19)
COS	719,96 (±423,32)	234,67 (±19,76)	1273,72 (±935,59)	329,57 (±78,46)	979,42 (±264,64)	389,63 (±31,51)
C inorgánico	39,80 (±7,98)	34,94 (± 7,61)	37,88 (± 6,44)	31,44 (±5,92)	31,65 (±11,50)	35,21 (±5,04)

Elaborado por: Robledo, E. (2023).

El carbono elemental se encuentra en mayor cantidad en el manejo donde se incrementó materia orgánica de manera directa frente al convencional que no se pone materia orgánica, se puede observar que si se incorpora residuos de cosecha la cantidad de C elemental incrementa por eso es rentable incrementar esta práctica.

Con respecto al COT en el invernadero 28 en el cual se utilizó el manejo con residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas. Al principio los valores fueron altos, luego del laboreo e incorporar las prácticas agrícolas el nivel disminuyó levemente y al final aumento. En el caso del invernadero 30 en el que se utilizó el paquete convencional los valores aumentaron en la mitad del tiempo de toma los datos sin embargo al final se redujo el valor.

La aplicación de enmiendas orgánicas y su incorporación al suelo mediante el laboreo aumenta los niveles de carbono orgánico total (COT) desde el inicio alcanzando valores esperados como lo observan otros autores (Lehtinen & otros. 2014; Duval & otros., 2018). No obstante, la aplicación continua no contribuye un aumento diferencial para esta característica debido a la complejidad del carbono orgánico en el suelo y que su descomposición es lenta. Por ende, esta característica del suelo nos ayudaría a comparar las prácticas agrícolas en los invernaderos, pero

no para saber si la calidad del suelo varia por la repetida aplicación del mismo manejo a lo largo del tiempo. Esto mismos resultados han sido obtenidos por otros autores como Leifeld y Kögel-Knabner (2005), y Xu et al. (2011).

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **12.1 Impacto Ambiental**

Al utilizar fertilizantes orgánicos en la agricultura es una manera alternativa de ayudar ambiente porque ayuda a tener una producción más sostenible evitando así el uso de fertilizantes con N mineral que en ocasiones los agricultores exceden la cantidad que el cultivo requiere lo que termina afectando al suelo, además del uso de fertilizantes de síntesis los que son los que ocasionan formas contaminantes hacia la atmósfera o las aguas superficiales y subterráneas, entonces al implementar un manejo basado en residuos de cultivos frescos y compost de residuos de cultivos hortícolas se verá beneficiado la calidad del suelo.

## **13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **13.1 CONCLUSIONES**

- La aplicación de laboreo con la incorporación de prácticas agrícolas orgánicas en el suelo reduce la compactación del suelo en invernadero y mejora la infiltración al aumentar la macroporosidad y la estabilidad de los agregados.
- Se demostró que al incorporar prácticas orgánicas como de suministrar directamente materia orgánica, causa cambios significativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas, mejorando la calidad del suelo.
- El aporte de materia orgánica utilizada aumenta el riesgo de salinización del suelo al aumentar la concentración de cloruros, nitratos y sulfatos.

### **13.2 RECOMENDACIONES**

- Como futuras líneas de investigación, sería recomendado evaluar el comportamiento en los invernaderos con diferentes propiedades del suelo de largo plazo para obtener un índice compuesto.
- Sería interesante conocer y desarrollar modelos que permitan mejorar los cálculos de fertilización de los cultivos, obteniendo la cantidad adecuada y necesaria para cumplir el requerimiento del cultivo.

- Desarrollar modelos de manejo que permitan disminuir el grado de dependencia del agricultor, centrados en opciones que incrementen la biodiversidad tanto en el suelo como encima de él.

#### 14. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, C., García, J., & Muñoz, C. (1994). La agricultura española en el último tercio del siglo XX: principales pautas evolutivas. En *Modernización y cambio estructural en la agricultura española* (págs. 69-126). Secretaria General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Gobierno de España.
- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). *Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. II. calidad del suelo*, 33(2), 127-134. BIOAGRO. doi:<http://www.doi.org/10.51372/bioagro332.6>
- Agricultura, pesca y alimentación en España: memoria anual*. (2019). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Aguilar Alínquer, B. (2018). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. AGAC0108 (2a. ed) (Segunda ed.). Editorial CI.
- Aguirre Forero, S., Piraneque Gambasica, N. V., & Mercado Fernández, T. (2022). *Suelo y cambio climático: incluye estudio de casos*. Editorial Unimagdalena. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/ual/214506>
- Arévalo Martín, M. (2012). Alteración de propiedades del suelo por depósitos forzados en ambientes semiáridos.
- Aznar-Sánchez, J. A., & Sánchez Picón, A. (2010). *Innovación y distrito en torno a un 'milagro': la configuración del sistema productivo local de la agricultura intensiva de Almería* (Vol. 42). Revista de Historia Industrial.
- Barrera, M., & Hernández, L. (2014). *La biodiversidad forestal de Andalucía: estimación a través del análisis de datos del Inventario Forestal Nacional*. INIA- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Baudoin, W., Nono-Womdim, R., Lutaladio, N., Hodder, A., Castilla, N., Leonardi, C., . . . Qaryouti, M. (2013). *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas*. Rome, Italy: FAO.



- BITAL, C. d. (2015). Técnica del enarenado. *a combinación de suelo arenado e invernadero tipo Almería sigue siendo, tras 50 años, la mejor opción*. Centro de Investigación BITAL, Almería.
- Bonachela, S., Granados, M., López, J., Hernández, J., Magán, J., Baeza, E., & Baille, A. (2012). *How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse*. Agriculture and Forest Meteorology.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*.
- Castilla, N. (2007). *Invernaderos de plástico : tecnología y manejo* (Segunda ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Cobertera, E. (2016). *Edafología aplicada: suelos, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales* (Tercera ed.). Madrid: Cátedra.
- Coitiño-López , J., Barbazán , M., & Ernst, O. (2015). *Conductividad eléctrica aparente para delimitar zonas de manejo en un suelo agrícola con reducida variabilidad en propiedades físico-químicas* (Vol. 19). Montevideo: Agrociencia (Uruguay). Obtenido de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482015000100012#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una,Cook%20y%20Walker%2C%201992](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100012#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una,Cook%20y%20Walker%2C%201992)).
- Comisión Europea. (2017). Comprender las políticas de la Unión Europea: Agricultura. doi:10.2775/24724
- CONABIO. COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD. (2016). *Biodiversidad Mexicana. En: Ecosistemas. Procesos ecológicos*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose.htm>
- De Santa Olalla Mañas, F. M. (2001). *Agricultura y desertificación*. Mundi-Prensa Libros.
- Delgado, M., & Aragón, M. (2006). Los campos andaluces en la globalización. Almería y Huelva, fábrica de hortalizas. *La agricultura española en la era de la globalización*, 35-48. (P. y. Ministerio de Agricultura, Ed.) Etxezarreta.
- FAO. (2009). *La agricultura mundial en perspectiva del año 2050. Cómo alimentar al mundo,2050*. Roma, Italia: FAO.

- FAO. (2019). *El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el mundo: resumen*. D - FAO.
- Foster, E., Pulido-Bosch, A., Vallejos, Á., Molina, L., Llop, A., & MacDonald, A. M. (2018). Impact of irrigated agriculture on groundwater-recharge salinity: a major sustainability concern in semi-arid regions. *26*, 8, 2781-2791. *Hydrogeology Journal*.
- Fundación Cajamar. (2018). *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería*. Almería, España: Campaña 2017/2018.
- Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B., Cunningham, S., & Breeze, T. (2017). *Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security* (Vol. 32). *Trends in Ecology and Evolution*.
- Godoy-Durán, A., Galdeano- Gómez, E., Pérez-Mesa, J. C., & Piedra-Muñoz, L. (2017). *Assessing eco-efficiency and the determinants of horticultural family-farming in southeast Spain* (Vol. 204). *Journal of Environmental Management*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.037>
- Gómez, D. (2003). *La horticultura en Almería. Bases para un plan de ordenación territorial y gestión medioambiental*. Almería, España: Fundación Cajamar.
- Jaramillo Jaramillo, D. F. (2021). *Guía ilustrada para la descripción del perfil del suelo*. Fondo Editorial EIA. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/ual/223077>
- Juárez Sanz, M., Sánchez Andreu, J., & Sánchez Sánchez, A. (2006). *Química del suelo y medio ambiente*. (P. d. Alicante, Ed.) DIGITALIA.
- Junta de Andalucía. (2015). *Caracterización de los invernaderos de Andalucía*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Lamont, W. J. (2009). Overview of the use of high tunnels worldwide. En *HortTechnology* (págs. 25-29).
- Lanfranco, J. W., Pellegrini, A. E., & Cattani, V. M. (2014). *Contenidos de edafología, génesis, evolución y propiedades físico químicas del suelo*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.
- Lanfranco, J. W., Pellegrini, A. E., & Cattani, V. M. (2014). *Contenidos de edafología, génesis, evolución y propiedades físico químicas del suelo*. Editorial de la Universidad de La Plata.

- López Acevedo Reguerin, M., Roquero de Laburu, C., & Porta Casanella, J. (2003). *Edafología para la agricultura y medio ambiente* (Tercera ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Marañés Corbacho, A., Sánchez Garrido, J., de Haro Lozano, S., Sánchez Gómez, S., & Lozano Cantero, J. (1994). *Análisis de suelo metodología e interpretación*. Almería: Imprime COPYSUR.
- Marinari, S., Mancinelli, R., Brunetti, P., & Campiglia, E. (2015). *Soil quality, microbial functions and tomato yield under cover crop mulching in the Mediterranean environment*. (Vol. 145). Soil & Tillage Research.
- Martín Belmonte, F. (2021). La calidad del suelo en el hábitat del *Ziziphus lotus*. Efecto de las “islas de fertilidad”. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/handle/10835/13448>
- Martín Martín, M. (2018). *Estudio de la viabilidad del uso de acolchados cromáticos en invernaderos tipo Almería con ventilación natural*. Universidad de Almería. Obtenido de [http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/7184/TFG\\_MARTIN%20MARTIN%202c%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/7184/TFG_MARTIN%20MARTIN%202c%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mejía Guerra, P. (Julio de 2022). Valoración del uso combinado de mezclas de materiales orgánicos y biofertilización con microorganismos en cultivo sin suelo. Almería. Recuperado el 22 de junio de 2023, de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13796/01%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Merante, P., Dibari, C., Ferrise, R., Sánchez, B., Iglesias, A., Lesschen, J., . . . Bindi, M. (2017). Adopting soil organic carbon management practices in soils of varying quality: implications and perspectives in Europe. *165*, 95-106. Soil & Tillage Research.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). *Agricultura, pesa y alimentación en España*. Madrid.
- Miranda Leyva, M., Leyva Rodríguez, S., & Estrada Romero, J. (2022). *Calidad química del suelo y aguas de riego en suelo de tipo fersialítico pardo rojizo típico*. Editorial Universitaria. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/ual/218746>
- Molina, J. (2004). *El papel de la agricultura intensiva en la economía de la provincia de Almería* (Vol. 19). Revista de Humanidades y Ciencias Sociales del Instituto de Estudios Almerienses.

- Molina-Sánchez, L., Sánchez-Martos, F., Daniele, L., Vallejos, A., & Pulido-Bosch, A. (2015). Interaction of aquifer–wetland in a zone of intensive agriculture: the case of Campo de Dalías (Almería, SE Spain). *73*(6), 2869-2880.
- Musyoka, M., Adamtey, N., Muriuki, A., Bautze, D., Karanja, E., Mucheru-Muna, M., . . . Cadisch, G. (2019). *Nitrogen leaching losses and balances in conventional and organic farming systems in Kenya*. (Vol. 114).
- Norris, C., & Congreves, K. (2018). Alternative management practices improve soil health indices in intensive vegetable cropping systems. *6*, 50. *Frontiers in Environment Science*.
- Okur, N., Gocmez, S., & Tuzel, Y. (2006). *Effect of organic manure application and solarization on soil microbial biomass and enzyme activities under greenhouse conditions* (Vol. 23). *Biological Agriculture & Horticulture*.
- Oldfield, E., Bradford, M., & Wood, S. (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *(1)*, 5, 15-32. *Soil*.
- Porta, J., López-Acevedo, M., & M. Poch, R. (2019). *Edafología. Uso y protección de suelos*. (Cuarta ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Rabobank. (2018). *World Vegetable Map 2018*. RaboResearch.
- Reyes Reyes, F. (2012). *Repositorio UAL*. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/handle/10835/1067>
- Salinas Romero, J. (2020). Utilización de restos de cosecha en invernadero. Impacto del cambio de manejo sobre la calidad del suelo y la productividad de los cultivos. Almería, España.
- Sánchez-Monedero, M., Cayuela, M., Sánchez-García, M., Vandecasteele, B., D'Hose, T., López, G., . . . Mondini, C. (2019). *Agronomic evaluation of biochar, compost and biochar-blended compost across different cropping systems: Perspective from the European Project FERTIPLUS* (Vol. 9). *Agronomy-Basel*.
- Valera-Martínez, D., Belmonte-Ureña, L., Molina-Aiz, F., & López-Martínez, A. (2016). *Greenhouse agriculture in Almería. A comprehensive techno-economic analysis*. Almería, España: Cajamar Caja Rural.

Zhang, H., Hu, K., Zhang, L., Ji, Y., & Qin, W. (2019). *Exploring optimal catch crops for reducing nitrate leaching in vegetable greenhouse in North China*. (Vol. 212). Agricultural Water Management.

Zhang, L., Chen, W., Burger, M., Yang, L., Gong, P., & Wu, Z. (2015). *Changes in soil carbon and enzyme activity as a result of different long-term fertilization regimes in a greenhouse field* (Vol. 10). Plos One.

## 15. ANEXOS

### 15.1 Hojas de vida del equipo del trabajo

#### 15.1.1 Rafael Hernández Maqueda

<b>Fecha del CVA</b>	12/04/2023
----------------------	------------

#### Part A. DATOS PERSONALES

<b>Nombre</b>	Rafael		
<b>Apellidos</b>	Hernández Maqueda		
<b>Sexo (*)</b>	Masculino	<b>Fecha de nacimiento</b>	23/09/1978
<b>DNI, NIE, pasaporte</b>	51943829P		
<b>Dirección email</b>	rafahm@ual.es	<b>URL Web</b>	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Hernandez-Maqueda">https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Hernandez-Maqueda</a>
<b>Open Researcher and Contributor ID (ORCID) (*)</b>	0000-0003-2417-2694		

#### A.1. Situación profesional actual

<b>Puesto</b>	Investigador Postdoctoral Contratado		
<b>Fecha inicio</b>	01/03/2022		
<b>Organismo/ Institución</b>	Universidad de Almería		
<b>Departamento/ Centro</b>	Agronomía/ Escuela Superior de Ingeniería		
<b>País</b>	España	<b>Teléfono</b>	+34950214195
<b>Palabras clave</b>	Ecología, Biodiversidad, Ecología Molecular, Sostenibilidad		

**A.2. Situación profesional anterior (incluye interrupciones en la carrera investigadora, de acuerdo con lo indicado en la convocatoria, indicar meses totales)**

Periodo	Puesto/ Institución/ País / Motivo interrupción
2014 (Oct) – 2022 (Feb)	Investigador Postdoctoral / Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador
2012 (Oct) – 2014 (Sept)	Gestor de proyectos / Asociación para la sostenibilidad social, económica y ambiental.(España)
2009 (Oct)- 2012 (Sept)	Docente/ Diputación de Almería (España)
2007 (Oct) – 2008 (Abr)	Investigador Postdoctoral / Universidad de Castilla-La Mancha
2006 - 2007	Docente/ Universidad SEK (España)

**A.3. Formación Académica**

Grado/Master/Tesis	Universidad/Pais	Año
Doctor en Biología	Universidad Autónoma de Madrid/España	2007
Diploma de Estudios Avanzados	Universidad Autónoma de Madrid/España	2005
Licenciado en CC. Biológicas	Universidad Autónoma de Madrid/España	2002

**Parte B. RESUMEN DEL CV**

Después de mi graduación (2002), empecé a trabajar en el Jardín Botánico de Madrid (CSIC), donde conseguí dos becas predoctorales (Missouri Botanical Garden, 2002 e I3P-CSIC 2003-2006) para, entre otras funciones, realizar una tesis doctoral en el área de “Cambio global, Ecología y biodiversidad”, área que ha marcado mi trayectoria profesional desde entonces.

La etapa predoctoral (2002-2007), estuvo marcada por la formación, y la participación en distintos congresos de carácter internacional. Me gustaría destacar de esta etapa que, por mi propia iniciativa, obtuve financiación para realizar dos estancias, una en UConn (USA) y posteriormente en Dresden (Alemania) gracias al apoyo de “Deep Gene project” de la Universidad de Berkeley. Como resultado de esta etapa, en Junio de 2007 defendí mi tesis doctoral en el estudio de la ecología, diversidad y evolución de un grupo de briófitos (Grimmiaceae) de amplia distribución, obteniendo la máxima calificación de “Sobresaliente Cum Laude”

El periodo postdoctoral inmediato (2008-2013) se caracterizó por ser un periodo donde se compaginaron contratos o estancias postdoctorales cortas (Universidad de Castilla La Mancha, Universidad de Leiden) para el desarrollo de proyectos de investigación, con contratos para la formación y difusión del conocimiento en asociaciones y diputaciones provinciales cuyo objetivo era desarrollar proyectos con carácter formativo. En esta etapa se consolidó, mi conocimiento sobre las técnicas de biología molecular aplicadas a estudios de biodiversidad, y se publicaron varios artículos en revistas de relevancia en el área, además de cultivar experiencia en el ámbito de la docencia.

En 2014 fui contratado por la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) en Ecuador, donde, en 2019 obtuve la categoría de profesor titular, debido a los méritos generados durante mi estadia.

He sido pieza clave en la gestión de la investigación como coordinador del comité científico, evaluando proyectos y diseñando políticas, líneas de investigación y normativas relacionadas con la investigación. También he sido coordinador de un grupo de investigación multidisciplinar orientado a la adaptación y desarrollo de comunidades frente al cambio climático, donde además de dirigirlo, me he encargado de desarrollar los objetivos relacionados con aspectos ecológicos y de conservación de la biodiversidad dentro de la temática. Se obtuvieron dos proyectos de cooperación internacional (AACID y UAL, España), se publicaron varios artículos en revistas relacionadas con el ámbito de la biodiversidad, ecología, y sostenibilidad y se establecieron alianzas de colaboración con otros grupos de investigación. Debido al enfoque de servicio a la comunidad de la Universidad ecuatoriana, es, en esta etapa de mi trayectoria, cuando las investigaciones tuvieron un impacto más directo en la sociedad. Gracias a los proyectos que desarrollamos pudimos obtener un diagnóstico exhaustivo de las características sociales, económicas y agropecuarias que condicionan la capacidad de transformación de las comunidades, se establecieron planes de acción participativos guiados por el diagnóstico y se ejecutaron acciones para favorecer la adaptabilidad de las comunidades frente al cambio global. Durante este periodo he impartido docencia de grado (Microbiología, Biología molecular, entre otras), y de postgrado y he organizado talleres para la formación de las competencias investigadoras entre los estudiantes y docentes de la Universidad.

Desde marzo de 2022 me encuentro en excedencia con la Universidad Técnica de Cotopaxi y estoy trabajando con un contrato en la Universidad de Almería, gracias al programa de atracción de talentos "María Zambrano", para impartir docencia e investigar en aspectos relacionados con la ecología, la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales.

## Parte C. LISTADO DE APORTACIONES MÁS RELEVANTES –

### C.1. Publicaciones más importantes en libros y revistas con “peer review” y conferencias (ver instrucciones).

**Artículos** (El autor de correspondencia aparece subrayado):

**Hernández Maqueda, R.** Paste, S., Chango, M., Serrano, B., del Moral, F. 2022. Designing Biodiversity Management Strategies at the Community Level: Approaches Based on Participatory Action Research. *Human Ecology*. 50: 665-679. <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00339-z>

Moreno, Á.H., Aguirre, Á. **Hernández Maqueda, R.**, Jiménez, G., Torres Miño, C. 2022. Effect of temperature on the microwave drying process and the viability of amaranth seeds *Biosystems Engineering*. 215: 49-66. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.12.019>.

Jácome, E.; Rodríguez, A.; **Hernández Maqueda, R.** 2020. Sustainability assessment of natural resource management in the Yungañán river micro-basin, in the Ecuadorian Andes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Universidad Autónoma de Yucatán. 23-3, pp.1-14. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3414>.

**Hernández Maqueda, R.** Ballesteros, I., Serrano, B., Cabrera, Y., Hernández Medina, P., del Moral, F., 2020. Assessment of the impact of an international multidisciplinary intervention project on sustainability at the local level: case study in a community in the Ecuadorian Andes. *Environment, Development and Sustainability*. 23: 8836–8856. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00997-3>

**Hernández Maqueda, R.**, Ballesteros, I., Jácome, C., Moreno, A.H. 2018. Microwave drying of amaranth and quinoa seeds: Effects of the power density on the drying time, germination rate and seedling vigour. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 52-4 299-311. <https://doi.org/10.1080/08327823.2018.1534052>

Stech, M., McDaniel, S.F., **Hernández Maqueda, R.**, Ros, R.M. Werner, O., Muñoz, J., Quandt, D. 2012. Phylogeny of haplolepidous mosses — challenges and perspectives *Journal of Bryology*. 34-3: 173-184. <https://doi.org/10.1179/1743282012Y.0000000014>

**Hernández Maqueda, R.**, Quandt, D., Muñoz, J. 2008a. Testing reticulation and adaptive convergence in Grimmiaceae *Taxon*. 57-2: 500-510. <https://www.jstor.org/stable/25066018>

**Hernández Maqueda, R.**, Quandt, D., Werner, O. Muñoz, J. 2008b. Phylogeny and classification of the Grimmiaceae/Ptychomitriaceae complex (Bryophyta) inferred from cpDNA *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 46: 863-877. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.12.017>

**Hernández Maqueda, R.**, Quandt, D., Werner, O., Muñoz, J. 2007. Chloroplast data reveal two conflicting hypotheses for the positions of *Campylostelium* and *Grimmia pitardii* (Bryophyta) *Taxon*. 56-1: 89-94. <https://doi.org/10.2307/25065738>

### Capítulos de libro.

**Hernández Maqueda, R.**, Ballesteros, I., Serrano, B., Hernández Medina, P. La Calle, J.J.; Cazorla, M.J., del Moral, F. 2018. El marco MESMIS aplicado a proyectos de cooperación internacional. Estudio de caso en la comunidad de San Ignacio, en los Andes Ecuatorianos En: *Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos*. Astier y Arnés (eds.). UNAM, UNESCO, CIGA. 1, pp.143-170.

### Libros.

**Hernández Maqueda, R.**, Freire-Fierro, A., Chango, M.C., Paste, S.O., Marín, K.P., Warmi Mikuiy. A.P. 2021. Uso de plantas en la comunidad de San Ignacio, en los Andes Ecuatorianos *Uso de plantas en la comunidad de San Ignacio, en los Andes Ecuatorianos*. Universidad Técnica de Cotopaxi y Asociación Botánica Ecuatoriana. 396pp. ISBN. 978- 9978-395-71-4

Serrano, B. y **Hernández Maqueda, R.** (eds). 2017 *Cultura científica en el contexto Ecuatoriano de Educación Superior*. Ed. Universidad Técnica de Cotopaxi. 194pp. ISBN:978-9978-395-33-2,

### **C.2. Congresos**

Aguirre A.A.; Hernández A.; **Hernández Maqueda, R.** Non-linear modelling of microwave drying curves of amaranth seeds. IX Congreso Ibérico de Agroingeniería. Sociedad Española de Agroingeniería. 2021. España. Poster.

Chacón, E., Torres Miño, C., **Hernández Maqueda, R.** Contribución a la conservación animal y seguridad alimentaria en Ecuador. La Universidad y la agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Universidad de la Habana. 2020. Cuba. Oral Presentation

**Hernández Maqueda, R.** Uso de plantas en la comunidad de San Ignacio, Cotopaxi. *Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo* 2019. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 2019. Oral Presentation

Moreno, A. H., **Hernández Maqueda, R.**, Ballesteros, I., Torres-Miño, C. 2019. Microwave drying of corn seeds: Effect of temperature on drying time, energy consumption and



germination rate. Conference paper. AMPERE 2019 - 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating 2019, Pages 238-244. <http://dx.doi.org/10.4995/Ampere2019.2019.9831>. Poster.

**Hernández Maqueda, R.** Código de barras de ADN como herramienta para la identificación de diatomeas epilíticas en Ecuador. Segundo Simposio Internacional de Investigación e Innovación. Universidad Internacional SEK. 2017. Ecuador. Oral Presentation

### **C.3. Proyectos o líneas de investigación en los que ha participado,**

[a] Estrategias de conservación para los abedulares del Parque Nacional de Cabañeros: demografía, biología reproductiva, taxonomía y variabilidad genética (*Betula*). Universidad de Castilla La Mancha. I.P. Federico Fernández González. 23/10/2007-31/03/2008. N/A €. En este proyecto fui contratado, por el periodo seleccionado, para la puesta a punto, obtención y análisis de microsátélites para el estudio de la diversidad genética de *Betula*.

[b] Towards a better understanding of the systematics of haplolepideous mosses. Nationaal Herbarium Nederland Universiteit Leiden. I.P. Michael Stech. N/A €. estancia de investigación que realicé en el marco de una beca de movilidad Synthesis (grant number NL-TAF-5683) durante el periodo 09/03/2009- 03/04/2009. Contribuí a la obtención y análisis de datos de secuenciación de ADN

[c] Evaluación del proceso de secado en horno microondas de semillas de interés agrícola de la provincia de Cotopaxi. I.P. Ángel Hernández Moreno. 03/04/2017-02/04/2018. Universidad Técnica de Cotopaxi. 20.000 €. En este proyecto coordiné las actividades relacionadas con el análisis bioquímico y molecular para evaluar la calidad de las distintas semillas tras el proceso de secado artificial.

[d] Fortalecimiento de las capacidades de empoderamiento socioeconómico de dos comunidades rurales del cantón Latacunga, Cotopaxi a través de un proceso de IAP y capacitación Agroindustrial. Agencia Andaluza de la Cooperación Internacional. I.P. Fernando del Moral Torres., I.P. Rafael Hernández Maqueda (Universidad Técnica de Cotopaxi). 01/04/2017-01/07/2018. 78.220 €. Fui investigador principal de la Universidad Contraparte. Además, diseñé las actividades relacionadas con el análisis de la diversidad vegetal presente en las comunidades de estudio y el análisis de la interacción planta- comunidad para comprender los servicios que ofrecen a las comunidades.

[e] Identificación molecular de diatomeas como indicadores ambientales Universidad SEK/Universidad UDLA. Coordinador: I.P. Pablo Castillejos Pons. 01/09/2017-28/02/2019. 30.000 €. En este trabajo, fruto del convenio entre tres universidades, Universidad de las Américas (Ecuador), Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Universidad Técnica de Cotopaxi (Ecuador) colaboré en la estandarización de los protocolos de laboratorio para la amplificación y posterior análisis de los genes marcadores de las diatomeas aisladas.

[f] Fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la potenciación analítica de su laboratorio de suelo y aguas. Universidad de Almería. I.P. Fernando del Moral Torres. (Universidad de Almería). 03/10/2022-29/09/2023. 15.000 €. En este proyecto mi labor consiste en poner a punto las técnicas de análisis biológico en suelos. Es un proyecto de investigación orientado a la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula.

**15.1.2 Dr. Fernando del Moral Torres****DATOS PERSONALES**

<b>Fecha del CVA</b>	27/07/2023
----------------------	------------

Nombre y apellidos	Fernando del Moral Torres		
DNI/NIE/pasaporte	26215806S	Edad	53
Núm. identificación del/de la investigador/a	WoS Researcher ID (*)	K-4678-2012	
	SCOPUS Author ID(*)	25229688900	
	Open Researcher and Contributor ID(ORCID) **	0000-0002-8323-0850	

**Situación profesional actual**

Organismo	Universidad de Almería		
Dpto./Centro	Agronomía/Escuela Superior de Ingeniería		
Dirección	Ctra. Sacramento s/n 04120-Almería (España)		
Teléfono	950015924	correo electrónico	<a href="mailto:fmoral@ual.es">fmoral@ual.es</a>
Categoría profesional	Profesor titular de Universidad	Fecha inicio	2003
Palabras clave	Suelo; Agricultura ecológica; Contaminación; Restauración; Residuos		

**Formación académica (título, institución, fecha)**

Licenciatura/Grado/Doctorado	Universidad	Año
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS	Universidad de Almería	2000
Postgrado. Programa de doctorado Aplicaciones de la Ciencia del Suelo a los Ecosistemas Mediterráneos	Universidad de Almería	1999
Postgrado. Programa de doctorado Biología, Ecología y Productividad de los vegetales	Universidad de Almería	1999
Titulado medio. Ingeniero técnico agrícola	Universidad de Almería	1996
Titulado superior. Licenciado en Biología, especialidad botánica	Universidad de Granada	1993

**Indicadores generales de calidad de la producción científica**

Sexenios de investigación: 2

Sexenios de transferencia: 1

Último período evaluado: 2013-2018

Nº tesis doctorales: Tres finalizadas. Dos en ejecución.

**RESUMEN LIBRE DEL CURRÍCULUM**

Inicio mi actividad profesional en 1993 como licenciado en Ciencias Biológicas e Ingenierotécnico agrícola, trabajando para diversas empresas del sector agrario. Accedí a

una beca FPU desde 1996 a 2000, año en que defendí mi tesis doctoral, titulada “Génesis, Cartografía y Evaluación de Suelos en Campillos (1022)” con la que obtuve la calificación de Apto “cum laude” pasando a Profesor asociado en esta fecha hasta que en 2003 obtuve plaza de Profesor titular de Universidad. Los primeros siete años de actividad universitaria los dediqué a la cartografía de suelos. Como consecuencia de ello participé en la elaboración y publicación de 11 cartografías de suelos de la comunidad autónoma de Andalucía. A partir del año 2006, se consolidó mi participación en proyectos de investigación, dentro del grupo de investigación RNM242 del cual soy en la actualidad investigador responsable. De manera resumida, la actividad científica se ha traducido en la publicación de 40 aportaciones a revistas, 65 aportaciones a congresos, 6 libros, 18 capítulos de libro y 11 cartografías de suelo, en el ámbito de la ciencia del suelo o agronomía. He participado, como investigador o como investigador principal en 17 proyectos de I+D+i en convocatorias europeas, nacionales y autonómicas, 14 contratos de investigación y he realizado 5 estancias breves de investigación. En cuanto a transferencia de conocimiento, además de los mencionados contratos de investigación, he participado como investigador o investigador responsable en cuatro proyectos de cooperación internacional al desarrollo, financiados por la Agencia Española, por la Agencia Andaluza de cooperación internacional o por el plan propio de la UAL, con Mozambique y Ecuador y en misiones técnicas delegadas de mi Universidad en Sahara occidental y en El Salvador.

Mi docencia universitaria, en los niveles de grado, máster y doctorado se ha centrado en la ciencia del suelo aplicada a la agronomía. Como consecuencia de ello, he dirigido más de 70 trabajos fin de estudios, entre grado y máster, en el ámbito agronómico y agroalimentario. Soy coordinador de movilidad universitaria en el programa Erasmus+ y UAL-Mundo, con universidades europeas e iberoamericanas. He publicado materiales docentes y recibido premios en ese sentido.

En cuanto a gestión universitaria, he desempeñado cargos de secretario de Departamento, coordinador del grado de Ingeniería agrícola y, actualmente, desempeño los cargos de subdirector de la Escuela Superior de Ingeniería de la UAL e investigador responsable del grupo de investigación RNM242 Edafología aplicada.

## **MÉRITOS MÁS RELEVANTES (últimos 10 años)**

### **C.1. Publicaciones**

Publicación en revista: Parra-Gallardo, G., Quimbiulco-Sánchez, K., Salas-Sanjuán, M.d.C., del Moral, F., Valenzuela, J.L. 2023. Alternative Development and Processing of Fermented Beverage and Tempeh Using Green Beans from Four Genotypes of *Lupinus mutabilis*. *Fermentation* 9: 590. <https://doi.org/10.3390/fermentation9070590>

Publicación en revista: Salas-Sanjuán, M.d.C., Reboloso, M.d.M., del Moral, F., Valenzuela, J.L. 2023 Use of Sub-Atmospheric Pressure Storage to Improve the Quality and Shelf-Life of Marmande Tomatoes cv. Rojito. *Foods*, 12, 1197. <https://doi.org/10.3390/foods12061197>

Publicación en revista: Hernández, R., Paste, S., Chango, M.C., Serrano, B.F., del Moral, F. 2022. Designing biodiversity management strategies at the community level: approaches based on a participatory action research. *Human Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10745-022-00339-z>

Publicación en revista: Serrano, B.F., Cabrera, L.Y., Hernández, R., Ballesteros, I., del Moral, F. (2020). Estudio de caso sobre el empoderamiento con mujeres en Ecuador: Elementos para una intervención socio-educativa. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 9(2): 151-172. <https://doi.org/10.15366/riejs2020.9.2.008>

Publicación en revista: Salinas, J., Meca, D., del Moral, F. 2020. Short-term effects of changing soil management practices on soil quality indicators and crop yields in greenhouses. *Agronomy*, 10: 582. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040582>

Publicación en revista: Hernández, R., Ballesteros, I., Serrano, B., Cabrera, L.Y., Hernández, P., del Moral, F. 2020. Assessment of the impact of an international multidisciplinary intervention project on sustainability at the local level: case study in a community in the Ecuadorian Andes. *Environment, Development and Sustainability*, 23: 8836-8856. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00997-3>

Publicación en revista: Aznar, J.A., Velasco, J.F., López, B., del Moral, F. 2020. Barriers and facilitators for adopting sustainable soil management practices in Mediterranean olive groves. *Agronomy*, 10: 506. doi:10.3390/agronomy10040506

Publicación en revista: Cuevas, J., Daliakopoulos, I.N., del Moral, F., Hueso, J.J., Tsanis, I.K. 2019. A review of soil improving cropping systems for soil salinization. *Agronomy*, 9: 295. D.O.I.: 10.3390/agronomy9060295.

Publicación en Revista. Gil, C., Boluda, R., Rodríguez, J.A., Guzmán, M., del Moral, F., Ramos-Miras, J. 2018. Assessing soil contamination and temporal trends of heavy metal

contents in greenhouses on semiarid land. *Land Degradation Development*. D.O.I. 10.1002/ldr.3094

Publicación en Revista: Salinas, J., García, I., del Moral, F., Simón, M. 2018. Use of marble sludge and biochar to improve soil water retention capacity. *Spanish Journal of Soil Science*, 8: 121-129.

Publicación en Revista. Padilla, F.M., Peña-Fleitas, M.T., Fernández, M.D., Del Moral, F., Thompson, R., Gallardo, M. 2017. Responses of soil properties, crop yield and root growth to improved irrigation and N fertilization, soil tillage and compost addition in a pepper crop. *Scientia Horticulturae*, 225: 422-430.

Publicación en Revista. González-Andrés, Verónica; Salinas, Jerónimo; García-fernández, Inés; Del Moral-Torres, Fernando; Simón-Torres, Mariano. 2017. Using marble sludge and phytoextraction to remediate metal(loid) polluted soils. *Journal of Geochemical Exploration*. 174: 29-34.

Publicación en Revista. Simón-Torres, Mariano; Del Moral-Torres, Fernando; De Haro-Lozano, Sergio; Gómez-Mercado, Francisco. 2014. Restoration of dump deposits from quarries in a Mediterranean climate using marble industry waste. *Ecological Engineering*. 71:94-100.

Publicación en Revista. Gómez-Mercado, Francisco; Del Moral-Torres, Fernando; Giménez- Luque, Esther; Lopez-Carrique, Enrique Miguel; Delgado-Fernández, Isabel Casilda; De Haro- Lozano, Sergio. 2014. Soil Requirements of Four Salt Tolerant Species in Two Saline Habitats. *Arid Land Research and Management*. 28: 395-409.

Publicación en Revista. González-Andrés, Verónica; Simón-Torres, Mariano; Garcia-Fernandez, Ines; Sánchez-Garrido, Juan Antonio; Del Moral-Torres, Fernando. 2013. Effectiveness of amendments to restore metal-arsenic-polluted soil functions using *Lactuca sativa* L. bioassays. *Journal of Soils and Sediments*. 13: 1213-1222.

Capítulo de libro: Aznar, J.A., Velasco, J.F., Galdeano, E., del Moral, F. 2020. Smart agricultural waste management in traditional mediterranean crops. In Hussain C.M. (ed.) *Handbook of Environmental Materials Management*. Springer Nature Switzerland AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3\\_184-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_184-1)

Capítulo de libro: Hernández, R., Ballesteros, I., Serrano, B., Hernández, P., La Calle, J. J., Cazorla, M.J., del Moral, F. 2018. El marco MESMIS aplicado a proyectos de cooperación internacional. Estudio de caso en la comunidad de San Ignacio, en los Andes Ecuatorianos. In UNESCO y UNAM, CIGA. 2018. Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos. UNESCO. Quito.

Capítulo de Libro. Badía, D. Del Moral, F. 2016. The Soils of Spain: Soils of the Arid Areas. The Soils of Spain. Ed. Springer. 145-161. ISBN: 978-3-319-20540-3

Capítulo de Libro: Del Moral, F. 2017. Patrones de humectación y distribución de sales en los suelos de los invernaderos. En Gázquez, J.C. (coord.) Mejora en la eficiencia del uso de agua y fertilizantes en agricultura. Ed. Cajamar Caja Rural. Almería. Pp. 201-214

Capítulo de Libro: Del Moral, F. 2017. Estudio de casos en suelos arenados de los invernaderos de Almería: movimiento de agua y movimiento de sales. En Gázquez, J.C. (coord.) Mejora en la eficiencia del uso de agua y fertilizantes en agricultura. Ed. Cajamar Caja Rural. Almería. pp 215-237

Libros. Cazorla-González, M<sup>a</sup> Jose; Perez-Vallejo, Ana Maria; Del Moral-Torres, Fernando; Paños-Perez, Alba; Herrera-Campos, Ramon. 2014. Direito da Terra e questões agrárias. Escolar Editora.

## **Proyectos**

Fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la potenciación analítica de su laboratorio de suelo y aguas. UAL PPI Ecuador\_2. 2022. Fernando del Moral Investigador principal. 15000 EUR.

Estudio de la Evolución del Suelo, Comunidades Microbianas y Plantas de la Región Mediterránea del Sureste Ibérico Bajo Un Escenario Inducido de Cambio Climático. Referencia: UAL2020-RNM-A2063. Proyectos de I+D+i UAL-FEDER en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020. 2020. Raúl Ortega Investigador Principal. Presupuesto: 30.000€

Fortalecimiento de la capacidad de empoderamiento socio-económico en una comunidad indígena rural del cantón Latacunga. Plan propio de cooperación internacional de la Universidad de Almería. Programa I. 2019. Fernando del Moral Investigador principal. 15000EUR.

Fortalecimiento de las capacidades de empoderamiento socio-económico en dos comunidades rurales del cantón Latacunga (Ecuador) a través de un proceso de IAP (Investigación Acción-Participativa) y capacitación agroindustrial. Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el desarrollo (AACID) 2016DEC03 Fernando del Moral. Investigador principal. 2017-2018. 82720 EUR.

SOILCARE for profitable and sustainable crop production in Europe. Project ID 677407, H2020-SFS-2015-2, topic SFS-02b-2015. Coord. Rudi Hessel. 7.628.403,00 EUR.

Dinámica de metales y evaluación de la toxicidad de residuos mineros en ambientes semiáridos con bioensayos de plantas: remediación con biochar de RSU y de lodos de EDAR.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD. CGL2013-49009-C03-03-R  
Simón-Torres, Mariano (Universidad de Almería). 2014-2017. 29040 EUR.

"APOYO TÉCNICO Y JURÍDICO AL DESARROLLO RURAL DE MOZAMBIQUE".  
Agencia Española para la cooperación al desarrollo (AECID). A1/035733/11 Cazorla-  
González, M<sup>a</sup> Jose (Universidad de Almería). 2011-2013. 94300 EUR

**Contratos, méritos tecnológicos o de transferencia**

Contrato Puente Plan Propio Investigación sobre AGL2017-83551-R. Plan Propio de  
Investigación. Universidad de Almería. PPUENTE2019/005. Fernando del Moral-María  
José Cazorla Investigadores principales. 10000 EUR.

Curvas características de humedad en suelos de invernadero para mejora de la eficiencia en  
la gestión del riego. Del Moral-Torres, Fernando (Universidad de Almería). 2018-19 8470 EUR.

Edafología y procedimientos analíticos de hortícolas. Del Moral-Torres, Fernando  
(Universidad de Almería). 2014. 28337,90 EUR.

Curva características de humedad de suelos de invernadero. Del Moral-Torres, Fernando  
(Universidad de Almería). 2014-2015. 2420,00 EUR.

### 15.1.3 Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.



#### DATOS PERSONALES

##### FECHA DE NACIMIENTO

05 de agosto de 1979

##### NÚMERO DE CEDULA

050240972-5

##### TELEFONO

0984203033 - 032690063

##### E-MAIL

paolochv@yahoo.com.mx

wilman.chasi@utc.edu.ec

.....

#### FORMACIÓN ACADÉMICA

##### ESTUDIOS PRIMARIOS

Escuela "Simón Bolívar":

##### ESTUDIOS SECUNDARIOS

Instituto Tecnológico

"Vicente Leon"

- Bachiller en Ciencias Físico Matemáticas.

##### ESTUDIOS DE TERCER NIVEL

Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Ingeniero Agrónomo.

##### ESTUDIOS DE CUARTO NIVEL

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Magister Agricultura Sostenible

## CHASI VIZUETE WILMAN PAOLO

#### EXPERIENCIA LABORAL

##### EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Asistente Técnico Nutrición y Fertilización SIERRAFLORES Cia. Ltda.
- Jefe de Finca FLORICESA Florícolas del Centro S.A.

##### EXPERIENCIA EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

- Docente Ocasional Tiempo completo. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Docente Posgrado UTC -MAestría Sanidad Vegetal

##### EXPERIENCIA PROFESIONAL EN EL CAMPO DEL CONOCIMIENTO

- Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Carrera de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Dirección de proyectos de Investigación -Viinculación. Universidad Técnica de Cotopaxi.

##### EXPERIENCIA PROFESIONAL EN EL CAMPO DEL CONOCIMIENTO

- Comisionado de Vinculación Social de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Técnica de Cotopaxi,
- Director de la Carrera de Agronomía UTC



# CHASI VIZUETE WILMAN PAOLO

## PROYECTOS REALIZADOS

### TIPO

Investigación -Vinculacion.

### TEMA

Estrategias de sensibilización y conservación ambiental en sectores priorizados de la Provincia de Cotopaxi.

### ESTADO

Finalizado

### TIPO

Investigación -Vinculacion.

### TEMA

Restauración forestal con especies nativas en las comunidades y parroquias de la provincia de la provincia de Cotopaxi

### ESTADO

Finalizado

### TIPO

Investigación-formativa

### TEMA

Métodos de propagación y sistemas de cultivo de cannabis (*Cannabis sativa*) no psicoactivo con fines de investigación

### ESTADO

En Ejecucion

## ARTICULOS PUBLICADOS

- Impacts of Climate Change on the Precipitation and Streamflow Regimes in Equatorial Regions: Guayas River Basin DOI: [10.3390/w13213138](https://doi.org/10.3390/w13213138)
- CONTEMPORARY RESEARCHS ON AGRICULTURAL PESTICIDES: CHALLENGES FOR THE FUTURE Publicado en Avid Science Book (Pesticides) Chapter 3. ISBN 978-93-86337-19-1
- MORFOLOGÍA, FENOLOGÍA, NUTRIENTES Y RENDIMIENTO DE SEIS ACCESIONES DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pav (MASHUA) Publicado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21 N° 1 (2018) ISSN :1870-0462
- EVALUACION DE ENMIENDAS ORGANICAS EN TRES CULTIVOS DE SISTEMAS AGRICOLAS URBANOS Aceptado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22 N° 1 (2019) ISSN :1870-0462
- COMPORTAMIENTO AGRONOMICO Y COMPOSICIÓN QUIMICA DEL PASTO TANZANIA Y BRACHIARIA BRIZANTHA EN EL CAMPO EXPERIEMENTAL LA PLAYITA UTC - LA MANA Publicado en libro de resúmenes del Congreso Internacional de Sociedad en Armonía con la Naturaleza, marzo del 26 al 28 del 2014. ISBN 978-9942-932-12-9

## REFERENCIAS PERSONALES

- Doctor Franklin Tapia Defaz. RECTOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.
- Doctor Robin Tapia Tapia. COMISARIO PROVINCIAL DE SALUD DE COTOPAXI.
- Doctor Edison Samaniego VICERECTOR ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

## 15.2 Hoja de vida del coordinador del trabajo

- **Información personal**

**APELLIDOS:** ROBLEDO SANDOVAL

**NOMBRES:** ELISA LIZBETH

**ESTADO CIVIL:** SOLTERA

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 172526517-5

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** PARRQ. MACHACHI, 25 DE ENERO 2001

**DIRECCION DOMICILIARIA:** PICHINCHA,CANTÓN MEJÍA, PARROQUIA  
TAMBILLO , BARRIO TAMBILLO VIEJO

**NUMEROS TELÉFONICOS:** 0996106999, 2317752

**E-MAIL:** liz.eli2501@gmail.com; elisa.robledo5175@utc.edu.ec

- **Formación académica**

<b>NIVEL</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>TITULO OBTENIDO</b>
BÁSICA PREPARATORIA	ESCUELA MANUEL ANTONIO BORRERO	
BÁSICA ELEMENTAL	ESCUELA MANUEL ANTONIO BORRERO	
BÁSICA SUPERIOR	UNIDAD EDUCATIVA "MACHACHI"	
BÁSICA SUPERIOR	UNIDAD EDUCATIVA "MACHACHI"	BACHILLERATO EN CIENCIAS

### 15.3 Fotografías.

**Imagen 1:** Practicas en el laboratorio de edafología



**Imagen 2:** Laboratorios de edafología y química aplicada (UAL)



**Imagen 3:** Recolección de muestras



**Imagen 4:** Tamizado de muestras 2 mm



**Imagen 5:** Pesaje de las muestras del suelo



**Imagen 6:** Baño de arena.



**Imagen 7:** Aplicación de sal de Mohr



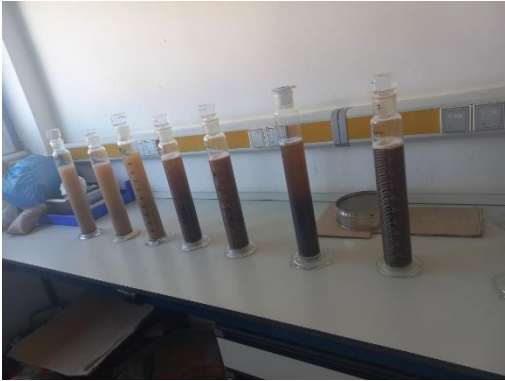
**Imagen 8:** Determinación de la textura.



**Imagen 9:** Medición de las propiedades químicas.



**Imagen 10: Densímetro de Bouyoucos.**



**Imagen 11: Lixiviado para medir bases y CIC**



## 1.6 Aval de traducción al idioma Inglés

CENTRO  
DE IDIOMAS***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INTERPRETATIVO DE LOS RECURSOS DE LOS SITIOS DE EXCURSIONISMO CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Almache Cherrez Anthony Alexis** y **Guanotasig Quishpe Bryan Saúl**, egresados de la Carrera de Turismo perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 4 de septiembre del 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**BLANCA GLADYS  
SANCHEZ AVILA**



**MSc. Blanca Gladys Sánchez A.**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 2100275375**