



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PSEUDOMONAS  
FLUORESCENS EN LAS PROPIEDADES  
FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUELO,  
BALANCE NUTRICIONAL Y ESTIMULACIÓN DE HORMONAS**

Grupo de Investigación: Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de suelos y aguas  
Dpto. Ciencia y Tecnología Agraria  
Universidad Politécnica de Cartagena

Directora: Maria Dolores Gómez López

Codirector: Angel Faz Cano

Codirector: Jose Alberto Acosta Avilés

**Marzo 2014**

---

## **Índice**

1. Objetivos

2. Diseño experimental

3. Metodología de muestreo

4. Análisis de laboratorio

5. Tablas resumen

---

## 1. Objetivos

### *Objetivo general*

El objetivo de esta propuesta es el estudio del efecto de la aplicación de un fitofortificante (bacterias, *Pseudomonas fluorescens*) en la evolución tanto de las propiedades físico-químicas y microbiológicas/bioquímicas del suelo como en la estimulación de hormonas del crecimiento vegetal, así como estudiar su efecto en el balance nutricional, la calidad y la producción de los cultivos de maíz y melón.

### *Objetivos específicos*

Los objetivos específicos son:

1. Estudio de la evolución de las propiedades físico-químicas del suelo.
2. Estudio de la evolución de las propiedades microbiológicas/ bioquímicas del suelo.
3. Estudio de lixiviación en columnas de suelo inalterado.
4. Estudio del efecto de las bacterias fortificantes en la estimulación de las hormonas del crecimiento y en el balance nutricional.
5. Análisis de los parámetros de calidad y producción de los cultivos.

## 2. Diseño experimental

El diseño experimental en campo consistirá en la construcción de 6 parcelas según el cultivo (maíz zona 1, maíz zona 2 y melón), sobre las que se aplicarán bacterias a una dosis de 1kg/ha y un control (CT) donde no se llevará a cabo ningún tratamiento; en todos los casos se realizarán 3 réplicas (Figura 1). Para la delimitación de las parcelas y duración del ensayo se tendrá en cuenta el ciclo de cultivo en todos los casos. Los ensayos se llevarán a cabo durante 2 años consecutivos.

Las características particulares del diseño experimental de cada cultivo se detallan a continuación:

- **Maíz zona 1**

- Localización: Yechar
- Establecimiento de las parcelas: Abril 2014
- Tamaño de parcelas : 25 m<sup>2</sup>/parcela

- Duración del ensayo: 7 meses (abril-octubre 2014)
- **Melón**
  - Localización: Yechar
  - Establecimiento de las parcelas: Abril 2014
  - Tamaño de parcelas : 25 m<sup>2</sup>/parcela
  - Duración del ensayo: 5 meses (abril-agosto 2014)
- **Maíz Zona 2**
  - Localización: Hornachuelos (Córdoba)
  - Establecimiento de las parcelas: Abril 2014
  - Tamaño de parcelas : 25 m<sup>2</sup>/parcela
  - Duración del ensayo: 6 meses (Abril-septiembre 2014)

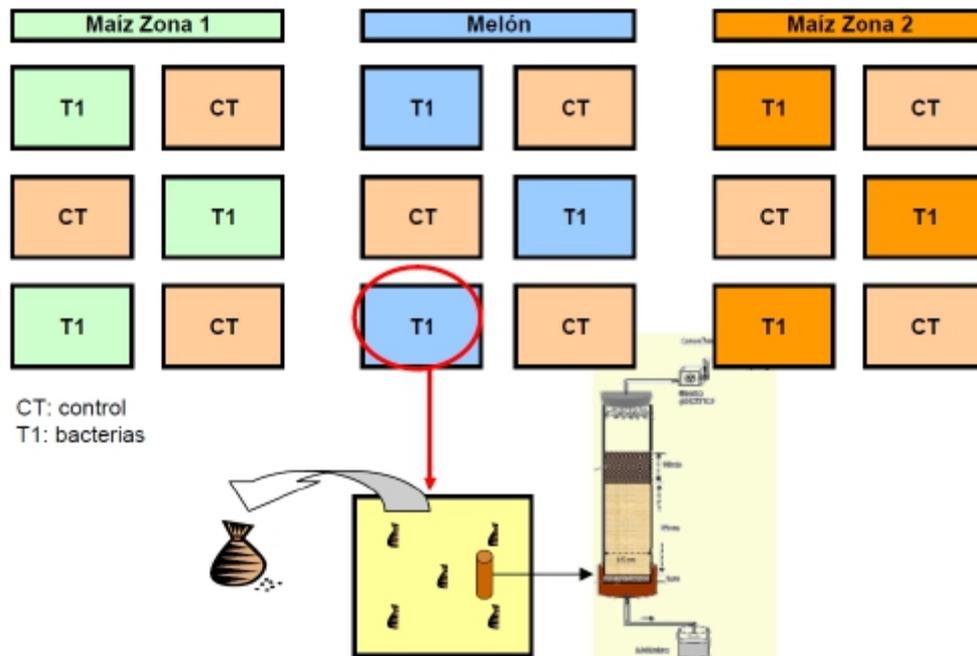


Figura 1. Distribución de las parcelas de ensayo para cada cultivo y detalle de muestreo de suelo

### 3. Metodología de muestreo

#### Suelo

##### Para el análisis físico-químico

En cada parcela experimental se tomará una muestra compuesta de suelo (formada por 5 sub-muestras) a una profundidad de 0-30 cm. Se contará, por tanto, con

---

3 réplicas por tratamiento. Se realizará un muestreo al inicio del cultivo y uno al final.

Por lo que se tendrán:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 muestreos = 12 muestras de suelo
- Melón: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 muestreos = 12 muestras de suelo
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 muestreos = 12 muestras de suelo

TOTAL: 36 MUESTRAS DE SUELO ANUALES

*Para el análisis microbiológico, bioquímico y nutricional*

En cada parcela experimental se tomará una muestra compuesta de suelo (formada por 5 sub-muestras) a una profundidad de 0-30 cm. Se contará, por tanto, con 3 réplicas por tratamiento. Se realizará un muestreo al inicio del cultivo, uno al mes de la aplicación y uno al final. Para cada uno de los cultivos se tendrán:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 3 muestreos = 18 muestras de suelo
- Melón: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 3 muestreos = 18 muestras de suelo
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 3 muestreos = 18 muestras de suelo

TOTAL: 54 MUESTRAS DE SUELO ANUALES

*Para el estudio de lixiviación en columnas de suelo inalterado*

Para cada tratamiento se tomará una columna de suelo inalterado con una profundidad de 0-60 cm. Este muestreo se realizará antes de realizar la plantación del maíz y melón. Se obtendrán por lo tanto dos columnas en el caso de Maíz y dos columnas en el de Melón. En el laboratorio se realizará la simulación de las condiciones de campo en cuanto a riegos y tratamientos, y se estudiarán las características físico-químicas de los lixiviados.

TOTAL: 6 COLUMNAS DE SUELO ANUALES

*Planta*

*Para el análisis nutricional y hormonas de crecimiento*

En cada una de las parcelas experimentales se seleccionarán 3 plantas de melón y maíz de ambas zonas, de las cuales se tomará el material vegetal suficiente para realizar los análisis de laboratorio, ya sea hoja o fruto/mazorca. El material vegetal de cada parte del cultivo muestreada en cada una de las parcelas de ensayo será mezclado y

---

homogeneizado para su análisis, con lo que se tendrán 3 muestras de cada una de las partes del cultivo por tratamiento ya que se realizará un muestreo al inicio del cultivo, uno al mes de la aplicación y uno al final.

Para el análisis nutricional se utilizarán para maíz (hoja y mazorca), y para melón (hoja y fruto). Para cada uno de los cultivos se tendrán:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 órganos/planta x 3 muestreos = 36 muestras de planta
- Melón: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 órganos/planta x 3 muestreos = 36 muestras de planta
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 2 órganos/planta x 3 muestreos = 36 muestras de planta

TOTAL: 108 MUESTRAS DE PLANTA ANUALES

Para el análisis de las hormonas de crecimiento en raíces para los tres cultivos. Para cada uno de los cultivos se tendrán:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 1 órgano/planta x 3 muestreos = 18 muestras de planta
- Melón: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 1 órgano/planta x 3 muestreos = 18 muestras de planta
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 1 muestra/parcela x 1 órgano/planta x 3 muestreos = 18 muestras de planta

TOTAL: 54 MUESTRAS DE PLANTA ANUALES

#### Para el análisis de proteína y almidón

Para el análisis de proteína y almidón en frutos de maíz. Se seleccionarán 3 plantas por parcela, lo que equivale a 9 muestras por tratamiento. El muestreo se realizará al final del ciclo de cultivo. El número total de muestras en los que se determinará la proteína y el almidón serán:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 3 muestra/parcela x 1 muestreo = 18 muestras
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 3 muestra/parcela x 1 muestreo = 18 muestras

TOTAL: 36 MUESTRAS ANUALES

#### Para determinar la calidad y producción

---

Se seleccionarán 3 plantas por parcela de las cuales se tomarán 5 frutos de cada uno de ellos, por lo que se tendrán 15 frutos por parcela, lo que equivale a 45 frutos por tratamiento. El número total de frutos en los que se determinarán los parámetros de calidad será:

- Maíz zona 1: 6 parcelas x 15 muestra/parcela x 1 muestreos = 90 frutos
- Melón: 6 parcelas x 15 muestra/parcela x 1 muestreos = 90 frutos
- Maíz zona 2: 6 parcelas x 15 muestra/parcela x 1 muestreos = 90 frutos

TOTAL: 270 FRUTOS ANUALES

#### **4. Análisis de laboratorio**

A continuación se muestra la relación de las determinaciones analíticas a realizar según los objetivos planteados:

##### **Suelo:**

##### **Propiedades físico-químicas**

- pH
- Salinidad (CE)
- Carbono Inorgánico (CI)
- Carbono Orgánico (CO)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
- Análisis granulométrico

##### **Propiedades microbiológicas y bioquímicas**

- Carbono de la biomasa microbiana (CBM)
- Respiración
- Actividad fosfatasa
- Actividad  $\beta$ -glucosidasa
- Actividad ureasa

##### **Análisis nutricional**

- Nitrógeno total
- Fósforo asimilable
- Cationes intercambiables: potasio, calcio, magnesio y sodio.
- Microelementos: hierro, cobre, zinc y manganeso.

---

Lixiviados de columnas de suelo inalterado

- pH
- Salinidad (CE)
- Carbono Orgánico Soluble (COS)
- Aniones: sulfatos, cloruros, fosfatos, nitratos y nitritos.
- Cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio.
- Microelementos: hierro, cobre, zinc y manganeso.

Planta:

Análisis nutricional y hormonas

- Nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, zinc y manganeso.
- Hormonas del crecimiento vegetal: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno, ácido ascórbico y ácido abscísico.

Proteínas y almidón

Calidad y producción:

Maíz:

- Peso
- Longitud de mazorca
- Diámetro de mazorca
- Humedad del grano
- Color del grano
- Grados Brix
- Contenido en sólidos solubles

Melón:

- Peso
- Calibre
- Grosor de la pulpa
- Grosor de la corteza

- Color de la pulpa
- Firmeza de la pulpa
- Grados Brix
- Contenido en sólidos solubles

## 5. Tablas resumen

En las siguientes tablas se muestran los análisis que se realizan en las muestras de suelo y cultivo:

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos/bioquímicos

Suelo	Cultivo	Columnas de lixiviación
<b>Análisis fisico-químicos</b>	<b>Análisis nutricional</b>	<b>Análisis fisico-químicos</b>
pH	Nitrógeno	pH
Salinidad (CE)	Fósforo	Salinidad (CE)
Análisis granulométrico	Potasio, calcio, magnesio y sodio	Carbono orgánico soluble (COS)
Nitrógeno Total Kjeldahl	Hierro, manganeso, cobre y zinc	Cationes: Ca, K, Mg y Na)
Carbono orgánico	<b>Análisis hormonas de crecimiento</b>	Aniones: Cl-, SO4-, NO3-, NO2-, PO4-
Carbono inorgánico	Auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno, ácido ascórbico y ácido abscísico.	Microelementos: Fe, Mn, Cu y Zn
Capacidad de cambio catiónico		
<b>Análisis microbiológicos y bioquímicos</b>	<b>Otros</b>	
Carbono de la biomasa microbiana	Calidad de los frutos	
Respiración	Producción de la cosecha	
Actividad $\beta$ -glucosidasa	Proteína	
Actividad ureasa	Amidón	
Actividad fosfatasa		
<b>Análisis nutrientes</b>		
Nitrógeno		
Fósforo		
Potasio, calcio, magnesio y sodio		
Hierro, manganeso, cobre y zinc		

Tabla 2. Número de muestras por cultivo y análisis

Cultivos	N° total de muestras							
	Muestras de Suelo				Muestras de culti			
	Físico-químico	Nutrientes	Microbiológico y bioquímico	Columnas	Balace nutricional	Hormonas del crecimiento	Protenas y almidón	Calidad (frutos)
Maíz zona 1	12	18	18	2	36	18	18	90
Melón	12	18	18	2	36	18	-	90
Maíz zona 2	12	18	18	2	36	18	18	90
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>6</b>	<b>108</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>270</b>