



## Informe de actividades técnicas 2025

### Acuerdo derivado n.º 1 entre SENA y Stichting Aeres Groep

#### Actividad: desarrollo de capacidades de los instructores de SENA

##### Tema: Producción de forraje hidropónico (PO2) Fundamentos y aplicaciones (módulo avanzado)

Este informe es un requisito descrito en el acuerdo derivado n.º 1 del acuerdo marco especial de cooperación n.º CO1.PCCNTR.7661710. Incluye la sección técnica necesaria para la presentación de informes provisionales de conformidad con los documentos de estudios preliminares y POA. El informe será firmado y acordado por el comité técnico y sus delegados.

#### Información general

Título del acuerdo: Acuerdo Derivado N.º 1 - SENA y Stichting Aeres Groep

Número de acuerdo: CO1.PCCNTR.8342499 de 2025

Periodo del informe: 10 de noviembre - 14 de noviembre de 2025

Tipo de informe: Informe técnico II

#### Introducción y justificación

La Dirección de Formación Profesional (DFP)<sup>1</sup>, en cumplimiento de sus objetivos de actualización y fortalecimiento de competencias técnicas, abre la convocatoria para la conformación del grupo de la ruta de formación **“Producción Hidropónica de Forrajes: fundamentos y aplicaciones - avanzado”**.

Esta ruta de formación contribuirá al desarrollo de capacidades en sistemas hidropónicos orientados a la producción sostenible de forrajes, promoviendo el uso eficiente del agua y la obtención de biomasa de alta calidad nutricional. El programa integra aspectos teóricos y prácticos, incluyendo la evaluación de variables productivas y la gestión de riesgos sanitarios, con el fin de ofrecer a los participantes herramientas aplicables a contextos productivos reales.

De esta manera, se busca fortalecer la tecnificación del sector pecuario, facilitar la adaptación de los productores a nuevos métodos de suplementación alimenticia, disminuir la dependencia de



insumos externos y mejorar la resiliencia frente a variaciones climáticas. El impacto esperado se refleja en el incremento de la competitividad del sector agropecuario, la generación de conocimiento práctico y la vinculación de nuevas generaciones a sistemas productivos sostenibles, aportando así al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales.

## Objetivo de la formación

Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas en la producción hidropónica de forrajes, aplicando prácticas eficientes de manejo del agua, nutrición y control sanitario para mejorar la sostenibilidad y productividad pecuaria.

## Detalles del curso

Actividad (P02) Título del curso: Producción de forraje hidropónico: fundamentos y aplicaciones - avanzado

Ubicación: La Guajira, Ciudad/Municipio: Fonseca

Centro de formación: Centro Agroempresarial y Acuícola km. 1 vía Barrancas Fonseca

Número de participantes: 19 instructores

## Metodología

Los seminarios y talleres se llevaron a cabo mediante una metodología de aprendizaje mixto, que combinaba sesiones de formación presenciales en Colombia con lecciones virtuales complementarias para garantizar la participación y el aprendizaje continuos. El programa siguió el enfoque del Grupo Aeres de «aprender haciendo», en consonancia con la metodología didáctica del SENA. Entre las formaciones presenciales y las clases virtuales, los instructores trabajaron en la consolidación de sus objetivos de aprendizaje mediante la realización de ejercicios y la lectura de trabajos relacionados con el contenido del curso.

Durante las clases y los trabajos prácticos, se animó a los participantes a hacer preguntas y a pensar de forma innovadora. Se aplicó un enfoque de aprendizaje participativo y basado en problemas, que promovía la participación activa y el pensamiento crítico. Los instructores completaron tareas en grupo y presentaron sus resultados a sus compañeros, fomentando la reflexión y la colaboración. Se invitó a los formadores a comentar las ideas y soluciones propuestas por los demás, mientras que los expertos de Aeres aportaron sus comentarios y conocimientos técnicos adicionales.

Este enfoque mixto y participativo estimuló eficazmente el pensamiento original e innovador entre los formadores, vinculando la teoría y la práctica de una manera significativa y sostenible.



## Resumen ejecutivo de la implementación

### Introducción

El presente informe consolida las actividades desarrolladas durante el curso de Hidroponía para la Producción de Forrajes, realizado entre el 10 y el 14 de noviembre en las instalaciones del SENA del municipio de Fonseca, La Guajira. El documento describe de manera detallada las sesiones teórico-prácticas efectuadas cada día, así como los avances técnicos, observaciones operativas y hallazgos preliminares derivados del trabajo con los participantes. El curso tuvo como propósito fortalecer las capacidades locales en la implementación de sistemas de forraje verde hidropónico (FVH), integrando fundamentos biológicos, criterios de manejo y análisis económico aplicables a las condiciones agroclimáticas de la región. La información consignada a continuación resume los procedimientos desarrollados, las discusiones técnicas y los principales resultados obtenidos a lo largo de la semana de formación.

### Cronograma de Formacion

| SEMANA: del 10 al 14 de noviembre |               |                                                 |                                                              |        |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|
| FECHA                             | HORA          | TEMA                                            | ACTIVIDAD                                                    | TIEMPO |
| 10 de noviembre                   | 8:00 – 8:30   | Registro de asistentes                          | Control de asistencia y bienvenida a la semana avanzada      | 30     |
|                                   | 8:30 – 10:30  | Sesión 1: Diagnóstico nutricional en hidroponía | Métodos de diagnóstico, síntomas visuales, análisis de datos | 120    |
|                                   | 10:30 – 10:45 | Descanso                                        | —                                                            | 15     |
|                                   | 10:45 – 12:00 | Sesión 2: Deficiencias y toxicidades comunes    | Síntomas visuales, causas, interacciones entre elementos     | 75     |
|                                   | 12:00 – 1:00  | Almuerzo                                        | —                                                            | 15     |

|  |             |                                                                           |                                                                        |    |
|--|-------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|
|  | 1:00 – 2:00 | Sesión 3:<br>Interpretación de<br>análisis foliar y<br>solución nutritiva | Evaluación de<br>resultados de<br>laboratorio y<br>decisiones técnicas | 60 |
|  | 2:00 – 3:00 | Sesión 4: Casos<br>prácticos de ajuste<br>nutricional                     | Estudio de situaciones reales<br>de<br>desbalance                      | 60 |

|                    |               |                                                                           |                                                                               |     |
|--------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                    |               |                                                                           | nutricional                                                                   |     |
|                    | 3:00 – 3:15   | Descanso                                                                  | —                                                                             | 15  |
|                    | 3:30 – 5:30   | Actividad<br>práctica:<br>Diagnóstico visual<br>y ajuste de<br>soluciones | Simulación de ajustes<br>en solución nutritiva a<br>partir de<br>diagnósticos | 120 |
| 11 de<br>noviembre | 8:00 – 8:30   | Registro de asistentes                                                    | Revisión de asistencia y<br>encuadre de la<br>jornada                         | 30  |
|                    | 8:30 – 10:30  | Sesión 1:<br>Automatización del<br>fertirriego                            | Principios del fertirriego<br>automatizado, beneficios<br>y<br>componentes    | 120 |
|                    | 10:30 – 10:45 | Descanso                                                                  | —                                                                             | 15  |
|                    | 10:45 – 12:00 | Sesión 2: Sensores<br>y sistemas de<br>control                            | Tipos de sensores,<br>instalación y lectura<br>de datos                       | 75  |
|                    | 12:00 – 1:00  | Almuerzo                                                                  | —                                                                             | 15  |
|                    | 1:00 – 2:00   | Sesión 3: Software y<br>plataformas digitales                             | Aplicaciones móviles,<br>data loggers, plataformas<br>web                     | 60  |
|                    | 2:00 – 3:00   | Sesión 4: Diseño<br>de un sistema<br>automatizado<br>básico               | Criterios para integrar<br>sensores, actuadores y<br>software                 | 60  |
|                    | 3:00 – 3:15   | Descanso                                                                  | —                                                                             | 15  |
|                    | 3:30 – 5:30   | Actividad práctica:<br>Simulación de<br>automatización con<br>sensores    | Práctica con simuladores<br>o kits digitales de<br>automatización             | 120 |
|                    | 8:00 – 8:30   | Registro de asistentes                                                    | Lista de asistencia y<br>entrega de materiales                                | 30  |

|                 |               |                                                                     |                                                                     |     |
|-----------------|---------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 12 de noviembre | 8:30 – 10:30  | Sesión 1: Requerimientos de tomate, pepino y pimentón               | Nutrientes, clima, sustrato y riego por especie                     | 120 |
|                 | 10:30 – 10:45 | Descanso                                                            | —                                                                   | 15  |
|                 | 10:45 – 12:00 | Sesión 2: Manejo fenológico por etapas                              | Etapas de desarrollo y requerimientos                               | 75  |
|                 |               |                                                                     | específicos por fase                                                |     |
|                 | 12:00 – 1:00  | Almuerzo                                                            | —                                                                   | 15  |
|                 | 1:00 – 2:00   | Sesión 3: Poda, conducción y polinización asistida                  | Manejo físico y técnico de la planta en sistemas verticales         | 60  |
|                 | 2:00 – 3:00   | Sesión 4: Control de fisiopatías en fruto                           | Identificación y corrección de fisiopatías como BER, cracking, etc. | 60  |
|                 | 3:00 – 3:15   | Descanso                                                            | —                                                                   | 15  |
|                 | 3:30 – 5:30   | Actividad práctica: Análisis de rendimiento y calidad en hortalizas | Revisión de indicadores de rendimiento y defectos en cosechas       | 120 |
| 13 de noviembre | 8:00 – 8:30   | Registro de asistentes                                              | Control de asistencia y entrada a temas ambientales                 | 30  |
|                 | 8:30 – 10:30  | Sesión 1: Manejo climático en invernaderos                          | Uso de ventilación, sombreado, calefacción, nebulización            | 120 |
|                 | 10:30 – 10:45 | Descanso                                                            | —                                                                   | 15  |
|                 | 10:45 – 12:00 | Sesión 2: VPD, tiempo térmico e integral de luz diaria              | Variables climáticas avanzadas e interpretación técnica             | 75  |
|                 | 12:00 – 1:00  | Almuerzo                                                            | —                                                                   | 15  |
|                 | 1:00 – 2:00   | Sesión 3: Plagas y enfermedades en hidroponía                       | Principales enemigos del cultivo en ambientes controlados           | 60  |

|                    |               |                                                                      |                                                                           |     |
|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
|                    | 2:00 – 3:00   | Sesión 4:<br>Medidas de<br>bioseguridad e<br>higiene                 | Prácticas preventivas<br>y correctivas en el<br>manejo sanitario          | 60  |
|                    | 3:00 – 3:15   | Descanso                                                             | —                                                                         | 15  |
|                    | 3:30 – 5:30   | Actividad<br>práctica: Diseño<br>de protocolo de<br>bioseguridad     | Diseño de un plan<br>integral de bioseguridad<br>para el<br>cultivo       | 120 |
| 14 de<br>noviembre | 8:00 – 8:30   | Registro de asistentes                                               | Última asistencia.<br>Preparación para                                    | 30  |
|                    |               |                                                                      | cierre del curso                                                          |     |
|                    | 8:30 – 10:30  | Sesión 1: Costos y<br>retorno de inversión<br>en hidroponía          | Cálculo de<br>costos fijos y<br>variables.<br>Análisis de<br>rentabilidad | 120 |
|                    | 10:30 – 10:45 | Descanso                                                             | —                                                                         | 15  |
|                    | 10:45 – 12:00 | Sesión 2: Modelos<br>de negocio y<br>escalabilidad                   | Opciones de<br>emprendimiento,<br>comercialización y<br>diversificación   | 75  |
|                    | 12:00 – 1:00  | Almuerzo                                                             | —                                                                         | 15  |
|                    | 1:00 – 2:00   | Sesión 3: Presentación<br>de proyectos<br>individuales o en<br>grupo | Exposición de<br>diseños técnico-<br>económicos                           | 60  |
|                    | 2:00 – 5:00   | Sesión 4:<br>Retroalimentación<br>técnica                            | Discusión abierta de<br>aciertos y<br>oportunidades de<br>mejora          | 180 |

## Día 1 – Lunes 10 de noviembre

El curso inició con una presentación general del programa y de los participantes. Se realizó una presentación institucional del centro y de sus instalaciones, destacando la estación piscícola y los módulos de producción de forrajes en sistemas tradicionales e hidropónicos. Durante este recorrido se identificó como oportunidad de mejora el ajuste de la densidad de siembra, pasando de 1.5 kg de semilla embebida por bandeja a 1 kg para optimizar el crecimiento. Posteriormente

se inició la fundamentación teórica en el salón, donde se explicaron los conceptos de hidroponía aplicados a la producción de forrajes. También se contextualizó la importancia del FVH en regiones con limitaciones hídricas como La Guajira. Se presentaron los componentes del sistema, sus ventajas operativas y los criterios técnicos para el manejo de semilla, sustrato y riego. Los participantes plantearon dudas iniciales sobre la adecuación de la infraestructura existente. El equipo docente describió las fases del proceso, desde la selección de semilla hasta la cosecha. Se revisaron riesgos operativos y medidas básicas de bioseguridad. El grupo realizó un breve ejercicio de reconocimiento del material disponible para las prácticas. Se acordaron los equipos de trabajo y la metodología para el registro de datos. Finalmente, la jornada concluyó con la revisión de la agenda técnica para el día siguiente.

Fotos día Lunes



## Día 2 – Martes 11 de noviembre

El día martes se centró en revisar los procesos biológicos involucrados en la germinación de las semillas usadas para producir forrajes verdes hidropónicos. Se explicó la fase de imbibición y el incremento progresivo de la respiración celular. Se describió la activación del metabolismo y la movilización de reservas internas para sostener el crecimiento inicial. Se presentó la transición de un estado heterótrofo hacia uno autotrófo tras la aparición de la raíz primaria y la primera hoja verdadera. Se señaló que esta transición permite acelerar la producción de biomasa mediante la adición controlada de nutrientes. En las instalaciones del SENA la actividad se enfocó en reconocer con detalle las etapas visibles de la germinación. También se identificaron síntomas tempranos de posibles deficiencias nutricionales en bandejas ubicadas en fase de plántulas. Los participantes compararon variaciones en coloración, vigor y uniformidad entre bandejas de distintos niveles. El equipo docente reforzó la relación entre condiciones ambientales y expresión de síntomas fisiológicos. Se revisaron registros previos para contrastar el comportamiento del material vegetativo. Finalmente, se consolidaron observaciones técnicas en la bitácora diaria para su análisis posterior.

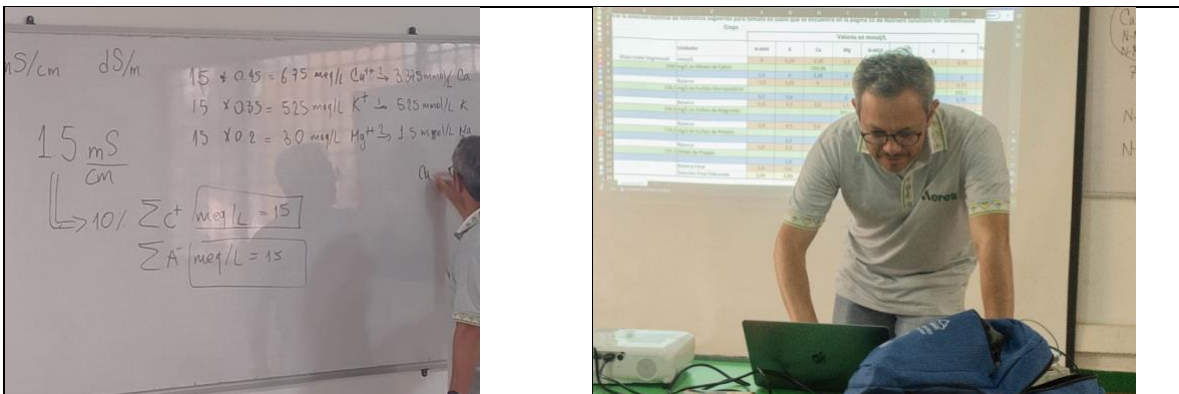
## Fotos día Martes



## Día 3 – Miércoles 12 de noviembre

El día miércoles el trabajo se centró en analizar las propiedades químicas y biológicas del agua que podían afectar el proceso de germinación de las semillas. Se revisaron parámetros como conductividad, pH, dureza y carga microbiana. Se discutió la influencia del sodio y del magnesio en la absorción inicial de agua por parte de la semilla. Se explicó cómo estos elementos podían alterar la disponibilidad de nutrientes en etapas tempranas. Se inició la elaboración de soluciones nutritivas adaptadas a las condiciones del agua local. Los participantes realizaron múltiples ejercicios de formulación para corregir el exceso de sodio y equilibrar el aporte de calcio y potasio. Se evaluaron diferentes combinaciones de fertilizantes hidrosolubles para lograr una solución estable. El equipo docente presentó criterios para ajustar relación catiónica y conductividad final. Se realizaron cálculos de requerimientos nutricionales según la etapa fisiológica del forraje. Los grupos compararon los efectos de modificar la composición de la solución en experimentos previos del centro. Se identificaron restricciones asociadas a la calidad del agua disponible en la estación. Finalmente, se consolidaron las formulaciones desarrolladas durante la jornada y se registraron recomendaciones para las prácticas del día siguiente.

## Fotos día Miércoles



## Día 4 – Jueves 13 de noviembre

El día jueves se elaboró y aplicó la solución nutritiva ajustada a los cultivos para evaluar, de manera preliminar, su efecto sobre el desarrollo de las plántulas. Se observaron cambios iniciales en coloración, vigor y velocidad de crecimiento. Se registraron diferencias entre bandejas tratadas y bandejas sin intervención, con especial atención a la respuesta radicular. Los participantes verificaron la uniformidad de aplicación y el comportamiento del sistema de riego durante el suministro de la solución. El equipo docente explicó criterios para interpretar síntomas tempranos asociados a mejoras nutricionales. Posteriormente, se inició la construcción de una estructura de costos que permitiera analizar la viabilidad económica del sistema de producción. Se identificaron los componentes principales del costo, incluyendo infraestructura, semillas, energía y mano de obra. Se estimaron costos de operación y costos de reposición de insumos críticos. Los grupos revisaron escenarios de producción a diferentes escalas y compararon impactos financieros. También se discutió la relación entre eficiencia técnica y reducción de costos unitarios. Finalmente, se consolidaron los avances y se definieron las tareas pendientes para el cierre del curso.

### Fotos día Jueves



## Día 5 – Viernes 14 de noviembre

El día viernes la actividad inició con el desarrollo y ajuste de la tabla de costos anexa al presente informe. Se analizaron los componentes económicos del sistema y se concluyó que el costo por kilogramo de biomasa resultó relativamente alto. Se indicó que el valor nutricional del FVH fue superior al de pastos tradicionales, pero inferior al de concentrados comerciales. Se discutió su uso potencial como complemento alimenticio en sistemas de especies menores y en zonas con limitaciones de suelo y agua. Posteriormente, se realizó la evaluación de los ensayos establecidos en el SENA para determinar el efecto de la densidad de siembra. Se verificó que la reducción de semilla por bandeja disminuyó la incidencia de patógenos. También se observó un aumento en la germinación y una mayor precocidad en el desarrollo de los forrajes. Los participantes

identificaron mejoras en el vigor de las plántulas tratadas el día anterior con la solución nutritiva. Se documentaron estos cambios para incluirlos en el análisis final del curso. Finalmente, la jornada concluyó con la entrega oficial de los certificados de participación.

Fotos día Viernes



Cierre de la jornadas



## Resumen de la evaluación - Curso avanzado de hidroponía

Según las 18 respuestas recibidas, la capacitación obtuvo calificaciones muy altas en todas las categorías evaluadas. Los participantes destacaron la relevancia de los temas, la claridad de las presentaciones, la utilidad de las visitas prácticas y el aumento general de conocimientos. Los comentarios escritos hicieron hincapié en el deseo de disponer de más tiempo y realizar más ejercicios prácticos de instalación, así como en el gran aprecio por la experiencia y la calidad docente del instructor.

## Tabla resumen

| Elemento de evaluación              | % Calificación | Notas clave                       |
|-------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Los temas eran relevantes           | 94,4           | Temas muy relevantes              |
| Presentaciones claras y suficientes | 88,9           | Presentaciones claras             |
| Actividades en el aula relevantes   | 94,4           | Actividades bien valoradas        |
| Recorridos por instalaciones útiles | 88,9           | Visitas útiles in situ            |
| Visita al sistema FVH relevante     | 100            | Relevancia muy alta               |
| Equilibrio entre teoría y práctica  | 88,9           | Buen equilibrio                   |
| Aumento de conocimientos            | 94,4           | Fuertes resultados de aprendizaje |
| Nuevas metodologías aprendidas      | 94,4           | Alta aplicabilidad                |
| Buen ambiente en la formación       | 100            | Excelente ambiente                |
| Recomendaría esta formación         | 94,4           | Muy recomendable                  |

## Puntos clave

- Excelente desempeño y pedagogía de los instructores.
- Los participantes valoraron las herramientas prácticas, como las calculadoras de soluciones nutritivas y las hojas de cálculo Excel con los costes.
- Las sugerencias se centraron en aumentar la duración del curso y añadir prácticas de instalación completa del sistema.
- Los participantes tienen la intención de aplicar los cálculos de soluciones nutritivas, la implementación de FVH, la fertirrigación y los parámetros hidropónicos.

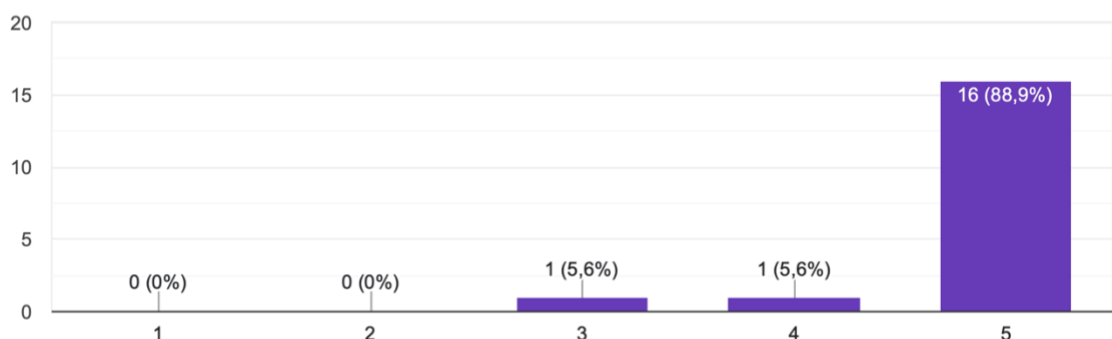
## Gráficos que resumen la evaluación a continuación:

Las presentaciones fueron claras y suficientes.

18 antwoorden

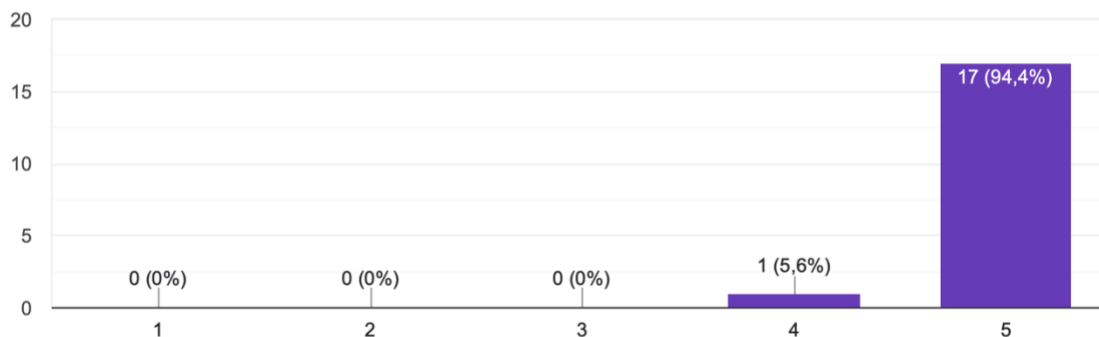
El recorrido en las instalaciones fueron de utilidad.

18 antwoorden



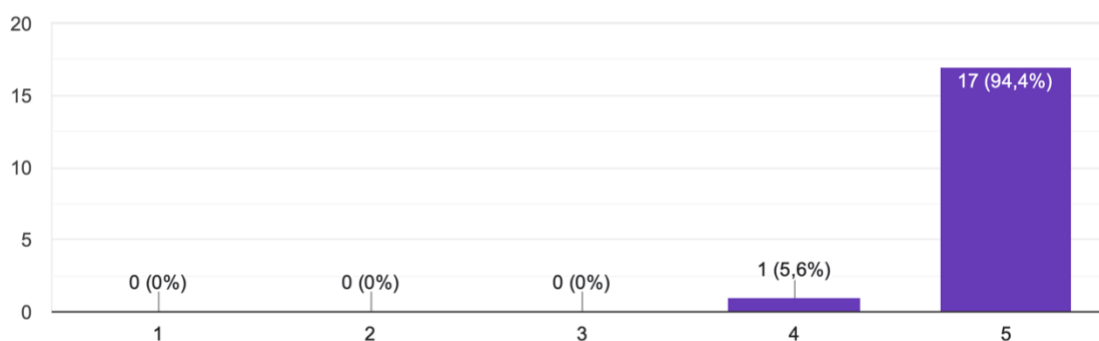
## Mis conocimientos sobre hidroponia aumentaron

18 antwoorden



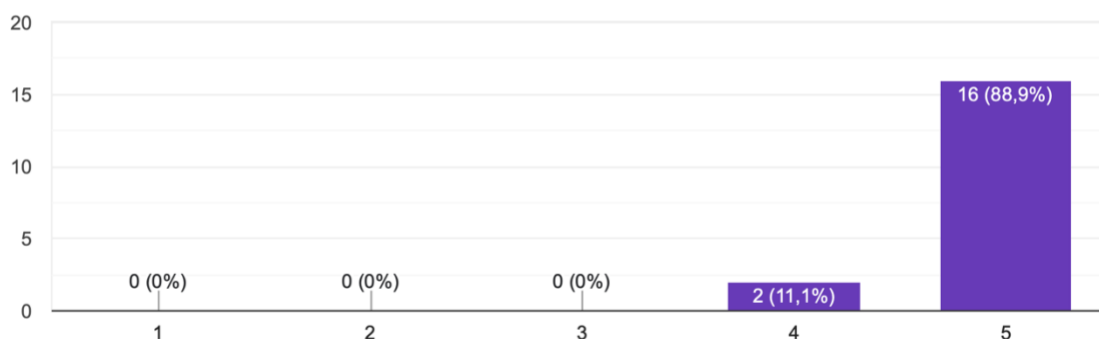
## He aprendido nuevas metodologías y herramientas para el area profesional.

18 antwoorden



## La formación estaba orientada a la teoria como a la práctica.

18 antwoorden



## Expertos

### **Experto: Dr. Rodrigo Gil Castañeda (PhD).**

El Dr. Rodrigo Gil Castañeda es ingeniero agrónomo (Máster y Doctorado) con más de 15 años de experiencia en hidroponía, agricultura protegida, nutrición de cultivos y gestión hortícola basada en datos. Ha dirigido y participado en múltiples proyectos de investigación nacionales e internacionales centrados en la mejora de los sistemas de producción mediante la tecnología, incluyendo el cultivo hidropónico y la gestión medioambiental en invernaderos.

Como profesor universitario, imparte clases sobre cultivos hidropónicos, fertirrigación, análisis de datos y desarrollo de proyectos, combinando los conocimientos científicos con aplicaciones prácticas para agricultores y técnicos. Rodrigo es conocido por su gran capacidad para transformar datos complejos y principios agronómicos en una formación clara y práctica que apoya la modernización de la producción hortícola.

### **Experto: Marc de Ruiter (BSc, MSc)**

Marc de Ruiter es originario de los Países Bajos y es licenciado en Producción de Cultivos Tropicales por la Universidad Agrícola de Deventer (Países Bajos). Después de cinco años en el Reino Unido trabajando para uno de los mayores importadores de frutas y hortalizas frescas como técnico/gerente poscosecha, se trasladó a China, donde creó y gestionó/fundó varios proyectos/empresas: un proyecto de mejora de invernaderos solares, un proyecto de diversificación de hortalizas, un programa de cría de cerdos, un centro de formación agrícola y un programa de elaboración de queso.

Desde 2013, ha participado como formador, director de proyectos y gestor de proyectos para diversas instituciones de formación profesional en los Países Bajos con el fin de desarrollar programas internacionales. Actualmente participa en China, Arabia Saudí, Colombia, Benín y Sudáfrica en el desarrollo de cursos de formación práctica para la gestión de invernaderos, tanto de tecnología media como alta. Además de los cursos, imparte formación en desarrollo de cadenas de valor y emprendimiento.

## Alineación del POA y la formación

Tras un cuidadoso examen, hemos determinado que todos los componentes o temas mencionados en el POA se debatieron o mencionaron adecuadamente dentro de los plazos del curso. Véase la tabla del anexo para la comparación.

## Certificaciones

Todos los instructores recibieron un certificado de finalización y asistencia. Se adjunta una copia del certificado a continuación. Los certificados se enviaron al SENA por medios digitales (anexos).



Asistencia Nota: Álvaro Palacios Meneses no firmó la hoja el 13 de noviembre porque llegó tarde y no lo comprobamos correctamente al final del día. Estuvo presente.

## Anexos

1. Listas de asistencia y registros de participantes (PDF)
2. Certificados expedidos a los participantes (PDF)
3. Formularios de evaluación y resultados (PDF)
4. Presentaciones de las conferencias impartidas (PDF)
5. Otros documentos distribuidos a los participantes (PDF)
6. Matriz de cumplimiento del POA
7. P02 Trabajo autonomo v2
8. Horas ASISTENCIA AERES P02 Hidroponia avanzado
9. Respuestas ajustes de referencia P02