

Programa de Regionalización

Informe Final Proyecto Extensión

**Reactivación económica del sector agropecuario en la Región
Central Oriental de Cartago del Ministerio de Agricultura y
Ganadería (MAG) mediante la aplicación de la Ingeniería Agrícola
en Agricultura de Precisión e Innovación Tecnológica en el
Programa Nacional de Alta Tecnología para la Reactivación
Económica del Sector Agropecuario
(AGRINNOVACIÓN 4.0)**



Dr. Luis Felipe Araúz Cavallini

Dra. Natalia Gómez Calderón

Ing. Jairo González Zúñiga

Ing. Kerin Romero Calvo

Ing. Milton Solórzano Quintana

Julio, 2025

2. Tabla de contenido

1.	Portada.....	1
2.	Tabla de contenido	2
3.	Código, título del proyecto y periodo de ejecución	3
4.	Autoría.....	3
5.	Resumen	4
6.	Abstract	4
7.	Palabras clave y key words	4
8.	Contextualización del proyecto	5
9.	Estrategia de abordaje.....	11
10.	Valoración general de los resultados obtenidos.....	14
11.	Logro del propósito y los componentes.....	22
12.	Logros no contemplados en el proyecto	25
13.	Detalle de evidencias.....	26
14.	Integración con la academia	27
15.	Cumplimiento del plan de socialización y publicación	28
16.	Ejecución Presupuestaria	29
17.	Limitaciones y problemas encontrados	30
18.	Lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones	30
19.	Agradecimientos	32
20.	Referencias	32
21.	Apéndices y anexos.....	33
	Apéndice 1. Sistema de Información Geográfica de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago	34
	Apéndice 2. Caracterización de suelos.....	45
	Apéndice 3. Riego y Fertirriego.....	59
	Apéndice 4. Cuadro comparativo para la selección de sensores y dispositivos tecnológicos.....	69
	Apéndice 5. Sensores Agrícolas.....	85
	Apéndice 6. Capacitación y Transferencia Tecnológica.....	90

3. Código, título del proyecto y periodo de ejecución

1421029. Reactivación económica del sector agropecuario en la Región Central Oriental de Cartago del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) mediante la aplicación de la Ingeniería Agrícola en agricultura de precisión e innovación tecnológica en el programa nacional de alta tecnología para la reactivación económica del sector agropecuario (AGRINNOVACIÓN 4.0), ejecutado del 1 de mayo del 2023 al 31 de diciembre del 2024.

4. Autoría

Nombre	Participación	Instancia académica o dependencia	Aportes específicos
Milton Solórzano Quintana	Coordinación	Escuela de Ingeniería Agrícola	Diseño y supervisión de instalación de equipos y tecnología de riego a precisión. Transferencia a agricultores y extensionistas del MAG.
Natalia Gómez Calderón	Extensionista	Escuela de Ingeniería Agrícola	Caracterización de suelos, requerimiento hídrico de cultivos y prácticas de conservación de suelos. Transferencia a agricultores y extensionistas del MAG.
Kerin Romero Calvo	Extensionista	Escuela de Ingeniería Agrícola	Creación del Sistema de Información Geográfica. Transferencia a agricultores y extensionistas del MAG.
Jairo González Zúñiga	Jefe de Agencia de Extensión Agropecuaria	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	Enlace con agricultores y gestor de actividades de extensión
Luis Felipe Araúz Cavallini	Administrador general del proyecto	Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) - UCR	Dirección financiera – administrativa del proyecto.

5. Resumen

El plan nacional AGRINNOVACIÓN 4.0, se formuló con el objetivo de atender las dificultades de los pequeños y medianos productores del país producto del deterioro de su modelo productivo generado por los altos costos de producción, bajos rendimientos, pérdida de competitividad y variabilidad climática, elementos que se vieron agravados por la crisis generada por la pandemia del Covid-19, y que se combinan con malas prácticas agrícolas que provocan el deterioro de los recursos naturales, principalmente agua y suelo. El proyecto buscó replicar el modelo de proyectos productivos ejecutados con la implementación de agricultura digital por el MAG y la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC en Tierra Blanca, Cartago, iniciando con un plan piloto en la Región de Desarrollo Central Oriental según la división territorial del MAG, con 25 productores de los cultivos más importantes de la región (papa, cebolla y zanahoria), a los que, mediante atención personalizada, se les asesoró en el manejo de los equipos de riego y fertirriego, colocación y monitoreo del sistema de captación de datos, así como la georreferenciación de las unidades productivas como base para el mapa virtual agrícola de la región.

6. Abstract

The national AGRINNOVATION 4.0 plan was formulated with the objective of addressing the difficulties of small and medium-sized producers in the country as a result of the deterioration of their production model generated by high production costs, low yields, loss of competitiveness and climate variability, elements that were aggravated by the crisis generated by the Covid-19 pandemic, and combined with poor agricultural practices that cause the deterioration of natural resources, mainly water and soil. The project looked for replicate the model of productive projects executed with the implementation of digital agriculture by MAG and Agricultural Engineering School of TEC in Tierra Blanca, Cartago, starting with a pilot plan in the Eastern Central Development Region according to the territorial division of MAG, with 25 producers of the most important crops in the region (potato, onion and carrot), who, through personalized attention, were advised on the management of irrigation and fertigation equipment, placement and monitoring of the irrigation system. data collection, as well as the georeferencing of productive units as a basis for the virtual agricultural map of the region.

7. Palabras clave y key words

Sector Agroalimentario, producción alimentaria, productividad, agricultura digital, cambio climático, tecnología alimentaria, desarrollo agrícola.

Agri-food sector, food production, productivity, digital agriculture, climate change, food technology, agricultural development.

8. Contextualización del proyecto

Los pequeños y medianos productores de la Zona Norte de Cartago (Región de Desarrollo Central Oriental, así definida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG-), al igual que los del resto del país, sufren un fuerte deterioro en sus modelos productivos, debido principalmente al incremento de los costos de producción, bajos rendimientos y pérdida en la competitividad, todo eso agravado por el efecto negativo de la variabilidad climática, y los remanentes de las consecuencias de la pandemia del Covid-19. Por otro lado, debido a malas prácticas agrícolas, su actividad deteriora los recursos naturales, principalmente el agua y el suelo. (AEA Tierra Blanca, 2019).

En respuesta a esta problemática, y en medio de la pandemia, el gobierno formuló el plan AGRINNOVACIÓN 4.0 con el objetivo general de atender un total de 11.000 pequeños productores en todas las regiones del país, en un período de tres años, basándose en el modelo establecido por ensayos realizados en proyectos productivos en Tierra Blanca de Cartago, ejecutados mediante la Agencia de Extensión Agrícola del MAG, con apoyo de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC, en el que haciendo uso de tecnología de precisión, que involucra sensores para medir humedad gravimétrica, temperatura y conductividad eléctrica, tensiómetros y lisímetros de succión de humedad, sensores volumétricos para cuantificar el consumo de agua, en combinación con tecnología de Internet de las Cosas (IoT), una adecuada definición de condiciones del suelo, con sistemas de riego y fertirriego por goteo, así como coberturas muertas del suelo (acolchados) y manejo eficiente de la densidad de siembra se obtuvieron resultados de hasta 128% de aumento productividad, 52% en reducción de costos de producción, 84% de reducción de agroquímicos y 93% de reducción de recurso hídrico, en el cultivo de la cebolla. (Ministerio de Comunicación, 2020)

El plan AGRINNOVACIÓN 4.0 persigue replicar este paquete tecnológico en todas las regiones del país de manera escalonada, por lo que se giró una dirección gubernamental al Instituto de Desarrollo Rural (INDER) que en conjunto con las agencias de extensión agropecuaria del MAG, delimitaron 583 beneficiarios a nivel nacional, estableciendo 56 beneficiarios para la Región de Desarrollo Central Oriental, Cartago, de los cuáles, después del proceso de selección final, quedaron 25 para desarrollar papa, cebolla y zanahoria, los cultivos más importantes de la región

De estos productores, 18 productores desarrollarían parcelas de ensayo demostrativo de 1000 m² con paquetes tecnológicos para producción a campo abierto cada uno; para estos proyectos el INDER presupuestó una inversión total de US\$ 227,360 (doscientos veintisiete mil trescientos sesenta dólares americanos netos), para un total según el tipo de cambio al inicio del proyecto de ₡ 140,963,200 (ciento cuarenta millones novecientos sesenta y tres mil doscientos colones netos). La información completa de este grupo de beneficiarios se presenta en el Cuadro1.

Cuadro 1. Información de los beneficiarios de unidades productivas del plan AGRINNOVACIÓN 4.0 en la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago, en campo abierto.

Reg	Agencia	Nombre	Cultivo	Caserío	Distrito	Cantón	Inversión
1	Tierra Blanca	Asdrúbal Madrigal Robles	Cebolla	Parcelas Monge	Tierra Blanca	Cartago	\$12,643
2	Tierra Blanca	Daniel Ramirez Córdoba	Cebolla	La laguna	Tierra Blanca	Cartago	\$12,643
3	Tierra Blanca	Vianney Rivera Sánchez	Cebolla	Santa Fe	Tierra Blanca	Cartago	\$12,643
4	Tierra Blanca	Carlos Angulo Brenes	Cebolla	Parcelas Monge	Tierra Blanca	Cartago	\$12,643
5	Pacayas	Martha Guillén Solano	Papa	Las Aguas	Pacayas	Alvarado	\$12,708
6	Pacayas	Geovanny Chacón Aguilar	Zanahoria	El Descanso	Cervantes	Alvarado	\$12,471
7	Pacayas	Omar Sánchez Ulloa	Papa	Santa Rosa	San Pablo	Oreamuno	\$12,708
8	Pacayas	Joaquín Guillén Fernández	Zanahoria	Las Aguas	Cervantes	Alvarado	\$12,471
9	Corralillo	Manuel Ceciliano Navarro	Cebolla	La Minilla	Tobosi	Guarco	\$12,643
10	Corralillo	Gerardo Tencio Cordero	Cebolla	El Moral	Tobosi	Guarco	\$12,643
11	Corralillo	David Romero Robles	Cebolla	Palmital	San Isidro	Guarco	\$12,643
12	Llano Grande	Manuel Monge Quirós	Cebolla	Los Comunes	Llano Grande	Cartago	\$12,643
13	Llano Grande	Luis Monge Guzman	Cebolla	Varillal	Llano Grande	Cartago	\$12,643
14	Llano Grande	Ramón González Guzmán	Cebolla	Bo. los Ángeles	Llano Grande	Cartago	\$12,643
15	Llano Grande	Alexander Carvajal Barquero	Cebolla	Turruzal	Llano Grande	Cartago	\$12,643
16	Llano Grande	Adrián Garita Navarro	Cebolla	Varillal	Llano Grande	Cartago	\$12,643
17	Llano Grande	Jorge A. Martínez Zúñiga	Cebolla	Boquerón	Llano Grande	Cartago	\$12,643
18	Llano Grande	Álvaro Aguilar Víquez	Cebolla	Retes	Llano Grande	Cartago	\$12,643
Subtotal 18 proyectos a campo abierto							\$227,360
Total requerido para los 18 proyectos							¢ 140,963,200

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería-Instituto de Desarrollo Rural (2021)

Cuadro 2. Información de los beneficiarios de unidades productivas del plan AGRINNOVACIÓN 4.0 en la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago en ambientes protegidos (invernaderos).

Reg	Agencia	Nombre	Cultivo	Caserío	Distrito	Cantón	Inversión
19	Paraiso	Gilbert Brenes Calderón	Cebolla	La Puente	Santiago	Paraíso	\$35,133
20	Pacayas	Rodolfo Masis Ulloa	Papa	Charcalillos	San Pablo	Oreamuno	\$34,877
21	Tierra Blanca	Carlos Varela López	Cebolla	La Chinchilla	San Rafael	Oreamuno	\$35,133
22	Tierra Blanca	Walter Garita Monge	Papa	El Rodeo	Tierra Blanca	Cartago	\$34,877
23	Tierra Blanca	Mauricio Víquez Gómez	Cebolla	La Esperanza	Potrero Cerrado	Oreamuno	\$35,133
24	Tierra Blanca	Erick Gómez Sánchez	Cebolla	Sanatorio	Tierra Blanca	Cartago	\$35,133
25	Pacayas	Manuel Coto Serrano	Papa	San Rafael	Pacayas	Alvarado	\$34,877
Subtotal 7 proyectos en invernaderos							\$245,163
Total requerido para los 7 proyectos							¢ 152,001,060

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería-Instituto de Desarrollo Rural (2021)

Para los 7 productores restantes, se definió el cultivo en módulos bajo agricultura protegida de aproximadamente 210 m², presupuestándose una inversión total de US\$ 245,163 (doscientos cuarenta y cinco mil ciento sesenta y tres dólares americanos netos), para un total según el tipo de cambio al inicio del proyecto de ₡ 152,001,060 (ciento cincuenta y dos millones con mil sesenta colones netos). La información completa de este grupo de beneficiarios se presenta en el Cuadro 2.

El monto total presupuestado fue de US\$ 472,523 (cuatrocientos setenta y dos mil quinientos veintitrés dólares americanos netos), para un total según el tipo de cambio al inicio del proyecto de ₡ 292,964,260 (doscientos noventa y dos millones novecientos sesenta y cuatro mil doscientos sesenta colones netos).

Se estima beneficiar de manera directa a 22 mujeres, 83 hombres y 26 jóvenes para un total de 105 beneficiarios, y de manera indirecta a 4,5 millones de consumidores nacionales, ya que estas tecnologías podrían transformar en mayor medida la vida de pequeños agricultores, importantes para la seguridad alimentaria del país, que producen el 80% de los alimentos que demanda Costa Rica.

Estos beneficiarios cumplieron los siguientes requisitos, así definidos por el INDER:

- No haber recibido anteriormente financiamiento no reembolsable del MAG o el INDER.
- Quinto año de colegio aprobado.
- Registro como pequeño y mediano productor agropecuario (PYMPA) en el MAG.
- Contar con agua disponible en la finca para riego.
- Ser propietario y contar con plano catastrado de la finca
- Consentimiento informado para la utilización de los datos.
- Firma de nota propuesta de garantía voluntaria para trabajar la solución integral propuesta por AGRINNOVACION 4.0, según sus cuatro componentes.
- Firma de pagaré de compromiso para completar las horas exigidas para la capacitación en agricultura de precisión.

El objetivo general es desarrollar módulos productivos con tecnologías relacionadas a la agricultura 4.0 en las modalidades de campo abierto y bajo agricultura protegida, con el propósito de impulsar y fortalecer la competitividad de los pequeños y medianos agricultores, con el fin de adaptarlos con alertas tempranas agrometeorológicas a la variabilidad climática y al cambio climático cada vez más recurrente en la región. En este contexto, se ha determinado mediante procesos de validación agronómica en relación al riego y fertirriego, una importante mejora en la eficiencia en el uso del recurso hídrico (95%), duplicando la producción por hectárea (12.3 kg/m²), bajando el consumo de plaguicidas en un 70% y reduciendo el costo de producción hasta en un 35%, además, un significativo fortalecimiento de la inocuidad de los vegetales (papa, cebolla y zanahoria), que se han producido con estas tecnologías, consecuencia de ello, es la creación y fomento de sistemas productivos sostenibles, donde la tecnología

propuestas, permiten una adecuada protección del ambiente, del cultivo, los agricultores y sobre todo, de los consumidores.

El programa AGRINNOVACIÓN 4,0 formuló el alcance de sus objetivos mediante la integración de cuatro componentes:

[1] Producción sostenible y agregación de valor

El proyecto exige a cada uno de los beneficiarios de los paquetes tecnológico de agricultura 4.0., trabajar obligatoriamente dos valores muy importantes como son la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) más un paquete de registros para el aseguramiento de la trazabilidad comercial de los productos. Para el caso de la certificación en BPAs en producción sostenible, se propone estandarizar procesos y seguir los protocolos técnicos del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) para evaluar y certificar las fincas, el empaque y la comercialización, de un agricultor o de una organización de productores en la Región. Para introducir cadenas de valor en los procesos de comercialización, se persigue un plan piloto de rastreabilidad comercial en los cultivos de papa, cebolla y zanahoria, con este plan se estarán sentando las bases para fortalecer los controles en materia de inocuidad, calidad de los vegetales y un mejor control de plagas y enfermedades, minimizándoles los riesgos de contaminación por residuos de plaguicidas a los consumidores nacionales. Con este fin, el plan persigue la creación de un sistema de identificación y clasificación para desarrollar el registro único de establecimientos agropecuarios y de todos los operadores en las agro cadenas de papa, cebolla, zanahoria. Este proceso, permitiría crear un expediente digital único de establecimientos agropecuarios, para gestionar todo el manejo en las unidades de producción (lotes) a escala 1:2500, dicho expediente almacenará toda la data sobre el manejo agronómico que sustentará los procesos que garantizarían la trazabilidad comercial.

[2] Adaptación al cambio climático

Los productores nacionales carecen de herramientas para recolectar información que sustente la toma de decisiones para mejorar su producción y competitividad, sus decisiones se basan en viajes prácticas y recetas comerciales aprendidas de sus padres y de la asistencia técnica privada, que ya no impactan en su competitividad, si bien, el sector agropecuario es vital para la seguridad alimentaria de la población, también es el principal consumidor del agua disponible y otros recursos necesarios para la producción, deteriorando el recurso suelo y consumiendo en grado sumo agroquímicos. Por esta razón, este componente es considerado el corazón del proyecto, ya que contempla el desarrollo de paquetes tecnológicos de agricultura de precisión con internet de las cosas (Agricultura 4.0), replicando el modelo ejecutado en Tierra Blanca de Cartago en el que se evaluó agronómicamente la gestión del riego y fertirriego, con un kit IoT de sensores para monitorear y controlar el continuo agua-suelo-planta y clima, dicho kit es el que se estaría otorgando a los productores para que aprendan estas nuevas técnicas de producción en proyectos productivos a cielo abierto y bajo agricultura protegida. Con

esta propuesta tecnológica, se pretende que los agricultores se especialicen en el uso de estas nuevas tecnologías, herramientas que los facultarán a tomar mejores decisiones en la gestión de sus cultivos, como el manejo eficiente del riego y la nutrición, según la fenología del cultivo y el balance hídrico de la finca, entre otros.

[3] Desarrollo del Repositorio Central de Datos

El repositorio vinculará varios módulos del sistema como el módulo de registro de operadores de las agro cadenas de papa, cebolla y zanahoria, campo digital, trazabilidad comercial y comercio electrónico con valor agregados, geo servicios y el de agricultura sin secretos. Se persigue que despliegue información geoespacial, orientada a dar soporte al piloto regional de trazabilidad de productos. Se persigue que el Repositorio Central de Datos se constituya en una herramienta que facilite el desarrollo en el MAG de las infraestructuras orientadas a la inteligencia artificial y la plataforma sobre agricultura inteligente. Por otra parte, se propone conectar a los agricultores, técnicos del MAG-INDER y a los consumidores desarrollando interfases móviles:

- Aplicación móvil para el agricultor
- Aplicación móvil para los técnicos
- Aplicación móvil para los consumidores
- Módulo de comercialización electrónica con trazabilidad.
- Campo digital plataforma IoT para la gestión de manejo agronómico, y
- Módulo de agricultura sin secretos

[4] Capacitación y Transferencia Tecnológica

El proyecto contempla un plan de capacitación y transferencia tecnológica, con el fin de promover y adoptar el uso de la agricultura de precisión y la internet de las cosas entre los beneficiarios del proyecto, para hacerlos más competitivos y resilientes antes los desafíos del cambio climático, y transformarlos de una agricultura tradicional a otra más tecnificada, inteligente y competitiva. Este componente es, evidentemente, indispensable para alcanzar los otros resultados. (Ministerio de Agricultura y Ganadería-Instituto de Desarrollo Rural, 2021)

El programa AGRINNOVACIÓN 4,0 solicitó a la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC la asesoría en los siguientes temas, incluidos en los componentes señalados:

[1] Producción sostenible y agregación de valor

Creación del expediente digital de los establecimientos agropecuarios a cielo abierto y en ambientes protegidos, para gestionar el manejo de las unidades de producción en lotes geo posicionados a escala 1:2500, como expediente base para almacenar todos los datos sobre el manejo agronómico que sustentará los procesos que garantizarían la trazabilidad comercial.

[2] *Adaptación al cambio climático*

Diseño y supervisión de los sistemas de riego y fertirriego, para el monitoreo y control continuo de la relación agua-suelo-planta y clima, mediante tecnología de agricultura digital.

[4] *Capacitación y Transferencia Tecnológica*

Participación en el plan de capacitación y transferencia tecnológica, con el fin de promover y adoptar el uso de la agricultura

9. Estrategia de abordaje

[1] *Producción sostenible y agregación de valor*

- **Creación del Sistema de Información Geográfica de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago.**

Se geolocalizaron todas las unidades productivas instaladas, y se crearon los planos y topografía de las 18 parcelas de ensayo demostrativas en escala 1:2500. Simultáneamente se hizo el levantamiento de las estaciones meteorológicas en las unidades productivas donde fueron localizadas.

El levantamiento se realizó mediante tres equipos RTK, que fueron el GEOMAX, CHC y EMLID, en donde los dos primeros dispositivos fueron los que más se utilizaron en las mediciones que se realizaron, así mismo, para la utilización de estos equipos fue necesario el uso de equipo topográfico perteneciente a la Escuela de Ingeniería Agrícola, como lo fueron trípodes, bastones, estacas, mazos, clavos, cintas métricas.

Al llegar a campo, se instalaron los equipos y se realizaron las modificaciones respectivas, en donde, el principal objetivo fue instalar los dispositivos en formato "Fix" para así poder establecer una correcta exactitud y precisión de los datos, así mismo, dentro de las modificaciones que se realizaron se colocaron las coordenadas geográficas del punto de amarre, las cuáles, dependiendo de la modificación de los dispositivos RTK se tuvieron que dar en forma de coordenadas cartesiana o geodésicas, por lo que se utilizaron algunas herramientas tecnológicas para la conversión de estas coordenadas.

Una vez realizados los levantamientos respectivos en cada una de las parcelas se extrajeron los datos de los conectores, estos datos fueron extraídos en formato shape y csv; esto dependiendo del dispositivo utilizado y del formato que fue seleccionado dentro del conector.

En la mayoría de los casos la visita a los productores fue realizada en coordinación con los funcionarios de las agencias de extensión agropecuaria en las regiones correspondientes.

El resultado del proceso de geolocalización, más que una sofisticada presentación digital de la ubicación espacial de las unidades productivas, representa el fundamento de la plataforma para la captura y almacenamiento de los datos obtenidos por los sensores localizados en cada una de las unidades productivas, para el desarrollo de los procesos digitales para el análisis, gestión y representación de las variables estudiadas en la región, tiempo real, conducentes a la toma de decisiones basada en datos y, a largo plazo, la automatización de procesos mediante la implementación de tecnología autónoma para reducir la necesidad de trabajo manual.

[2] *Adaptación al cambio climático*

- **Requerimiento hídrico de los cultivos.**

El proyecto pretendía el uso de sensores de humedad volumétrica del suelo como mecanismo para establecer el inicio del riego en función del déficit hídrico específico del medio de cultivo (sustrato o suelo) de tal manera que se garantizara suplir el agua requerida para el desarrollo del cultivo, sin excesos, ni carencia, es decir, un uso eficiente del recurso hídrico en riego. Para lograr este objetivo se hacía necesario la determinación de las características del suelo en cada una de las unidades productivas para establecer los parámetros de monitoreo de la dinámica del agua en el suelo (relación suelo-agua-planta), en función de las condiciones climáticas.

Con este fin, aprovechando las visitas para el levantamiento geodésico de las unidades a cielo abierto se realizó el muestreo de suelos en cada una de ellas. Se tomaron desde una muestra (en las parcelas en que esta era lo suficientemente representativa) hasta seis muestras en función de pendiente, textura, drenaje y uso del suelo, evitando muestras de zonas irregulares como caminos, bordes de parcelas y áreas de residuos. Las muestras se tomaron a 30 cm de profundidad en consideración de los cultivos característicos del proyecto (papa, cebolla y zanahoria); se obtuvieron muestras disturbadas y no disturbadas.

Las muestras disturbadas se obtuvieron mediante un barreno en cada punto de muestreo a la profundidad indicada; en los casos en que había más de una muestra se mezclaron para lograr muestras compuestas representativas que fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Agrícola en bolsas debidamente etiquetadas con datos del productor, ubicación, y fecha de realización del muestreo.

Para obtener las muestras no disturbadas se usó una sonda especial para cilindros muestreadores de volumen conocido, con los que se extrajeron muestras de suelo a la profundidad definida, siguiendo el procedimiento establecido para evitar la alteración de la estructura del suelo. Los cilindros en los que cada muestra fue recolectada, se trasladaron debidamente sellados y protegidos para evitar cambios

en su estructura y también etiquetados con los datos mencionados al Laboratorio de Suelos.

Las muestras disturbadas permitieron establecer los porcentajes de arcilla, limo y arena para establecer la *Textura*, mediante el método de Bouyoucos; los *Límites Plásticos Superior e Inferior*, haciendo uso del método de Casagrande, así como la *Conductividad Hidráulica* siguiendo el método del permeámetro de carga permanente establecido, para cada unidad productiva.

Las muestras no disturbadas permitieron establecer la *Densidad Aparente* de cada parcela mediante el método del Cilindro Metálico.

Los porcentajes de humedad del suelo a 33 KPa de succión a *Capacidad de Campo (CC)* y a 1500 KPa de succión en el *Punto de Marchitez Permanente (PMP)*, así como el *Agua Útil*, resultado de la diferencia entre ambos valores, fueron proporcionados por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica. Con estos valores, considerando 30 cm de profundidad se calculó la lámina a aplicar.

Con las características de las mangueras para riego adquiridas se calculó la intensidad de aplicación y con este valor el tiempo de riego necesario para cada unidad de cada unidad productiva, que sirvieron para realizar recomendaciones con respecto a las condiciones para fertirriego.

- **Supervisión de instalación de equipos de riego y fertirriego**

Se recomendaron las características técnicas de los sistemas de riego por goteo para la producción a campo abierto, que sirvieron como base para la elaboración del cartel para la contratación de la empresa a cargo de proveer los equipos y la instalación de los sistemas de riego. No se solicitó apoyo por parte del programa para el diseño de riego en los ambientes protegidos.

Se solicitó a la Escuela de Ingeniería Agrícola la recomendación técnica para la decisión de la empresa a seleccionar, señalándose que ninguno de los dos oferentes llenaba los requisitos establecidos en cuanto a la manguera para riego por goteo, relacionados a caudales de emisión, espaciamiento entre emisores y auto compensación solicitados, debido a condiciones de disponibilidad en el mercado nacional, por lo que se recomendó la opción que, además de ofrecer los equipos que más se acercaban a las recomendaciones realizadas, incluyó el equipamiento de sensores y sistemas de captura, seguimiento y transmisión de datos digitales más cercana a los objetivos del programa. La recomendación realizada no consideró precios, tiempos de entrega, ni detalles de logística y pagos.

Los sistemas de riego y fertirriego instalados fueron supervisados y se reportaron los defectos encontrados, de esta revisión se desprendió la necesidad de realizar seguimiento a los productores con respecto a la calibración de los sistemas de

fertirriego debido a las carencias evidentes en cuanto a la metodología para realizar un fertirriego uniforme en las parcelas en campo abierto.

- **Supervisión en la instalación, monitoreo y definición de datos de sensores agrícolas.**

En el marco de la solicitud realizada a la Escuela de Ingeniería Agrícola con respecto a los oferentes de sistemas de riego, se incluyó también la asesoría en la selección de la oferta más conveniente de sensores de variables del suelo, recomendándose el sensor cuyas variables, captura, transmisión, manejo de bases de datos y elementos de la interfaz de presentación de datos para agentes de extensión del MAG y para los beneficiarios fuese la más conveniente.

[4] Capacitación y Transferencia Tecnológica

Debido a las características multidisciplinarias del proyecto, se solicitó a las universidades involucradas la ejecución de un plan de capacitación y transferencia de tecnología, tanto a los productores, como usuarios finales, así como a los agentes de extensión del MAG, como responsables de brindar el apoyo requerido para garantizar la sostenibilidad del programa en el tiempo. Se contemplaron un total de 30 temas, de los cuáles a la Escuela de Ingeniería Agrícola se le asignaron 11.

10. Valoración general de los resultados obtenidos

[1] Producción sostenible y agregación de valor

- **Sistema de Información Geográfica de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago.**

Cada uno de los 25 beneficiarios, tanto los ambientes protegidos como las unidades productivas a cielo abierto, fueron incluidos en la red de identificación y clasificación de registro único de establecimientos agropecuarios, con fines de operación de las agro cadenas de papa, cebolla, zanahoria, como piloto a replicar para registro único agrícola a nivel nacional conforme se desarrolle el programa y se aumenten los beneficiarios. El sistema desarrollado es un expediente digital de establecimientos productivos para incluir variables que permitan la gestión del manejo en las unidades de producción, en primera instancia el sistema permite la georeferenciación de cada una de las parcelas e infraestructuras de ambientes protegidos, así como la correspondiente visualización de estas a escala 1:2500. Constituye además una base de datos que permite el almacenamiento de información acerca del manejo agronómico que sustentará los procesos que garantizarán la trazabilidad comercial, así como cualquier otra información relevante que el futuro administrador del sistema considere incluir con fines debidamente establecidos.

En la sección 13 de este documento (Detalle de evidencias) se encuentra el enlace al Apéndice 1 en el que pueden visualizarse los entregables visibles de este sistema, ya que por sus características virtuales, cuenta con elementos digitales cuyo

volumen de impresión no es fácilmente manipulable. Cabe señalar que los planos presentados no están a la escala definida (1:2500), ya que el fin en el apéndice señalado es meramente representativo.

Todo el material es de uso libre, y está a disposición de todos los entes involucrados no solamente en el plan dirigido a Región Central Oriental de Cartago, sino a todos los componentes del Programa Nacional, constituyéndose en la herramienta base para la gestión de las actividades y correspondiente herramienta de trazabilidad debidamente georreferenciada y replicable para nuevos proyectos que se levanten en la región o bien a nivel nacional.

[2] *Adaptación al cambio climático*

- **Caracterización de suelos.**

La determinación del requerimiento hídrico del cultivo se hace en función de la dinámica hídrica de los suelos, con este fin, cada unidad productiva a cielo abierto (producción en suelo) fue caracterizada con el fin de establecer su dinámica.

El 50% de las unidades productivas analizadas presentaron suelos de textura franco-arenosa, cerca del 18% son de textura franco-arcillosa y en igual porcentaje unidades productivas con suelos francos. El 14% de las unidades restantes presentaron suelos de textura franco-arcillo-arenosas.

En los suelos analizados, el rango más bajo de valores de límites plásticos obtenidos fue 22,42% - 36,42%, siendo el rango más alto 68,43% - 78,84%, el total de los datos arrojan un rango central calculado de 42,30% - 46,78%. El 73% de los rangos se ubican por debajo de ese valor medio y el 27% es mayor hasta llegar al límite señalado. Das (2010), señala que esos porcentajes de Límites Plástico son de suelos de plasticidad media hasta plasticidad muy alta, característicos de suelos de textura arcillosa, o bien, como probablemente se da en este caso, en suelos con alto contenido de materia orgánica (M.O.), estos valores denotan de media a muy alta plasticidad lo cual implica que son suelos difíciles de mecanizar en condiciones húmedas y que al secarse tienden a encogerse y formar grietas, además por su condición plástica son de lento drenaje y de alta retención de aguas, además de que son susceptibles a la compactación. Los suelos con Límites Plásticos mayores al 40 % suelen presentar problemas de drenaje lento, aireación deficiente y dificultad en el laboreo, pero pueden retener mucha agua útil para las plantas si se manejan adecuadamente. Es clave combinar esta información con la textura, estructura y capacidad de campo del suelo. Todos estos son elementos muy importantes por considerar al realizar planes de mecanización, ya que generalmente se establecen comportamientos esperados de mecanización en función de la textura sin considerar los límites plásticos superior e inferior.

De las muestras de suelo obtenidas se determinó la Conductividad Hidráulica (K) que básicamente es una medida de la facilidad con la que el agua se mueve a través

del suelo cuando está saturado, tipificada como una velocidad que se expresa comúnmente en cm/h, cm/día, o cm/s. Brrady & Weil (2016) caracterizan los suelos que tienen valores de K mayores a 300 cm/día como suelos muy arenosos, de rápido de drenaje y muy expuestos a lixiviación; del total de muestras analizadas cerca del 13% presentaron este tipo de valores. De manera similar suelos con valores de K entre 124 cm/día hasta 300 cm/día son definidos como suelos con buena infiltración, ideales para riego por superficie, poco más del 17% de los suelos analizados estuvieron dentro de ese rango. Suelos con valores de K entre 30 cm/día y 124 cm/día se caracterizan como suelos de conductividad moderada con una buena retención y de infiltración equilibrada, el 39% de los suelos están en ese rango. Son considerados como suelos de conductividad baja los que están en el rango de 3 m/día a 30 cm/día; casi el 28% de los suelos analizados estuvieron en este rango; valores de K menores a 3 cm/día son considerados suelos de muy mal drenaje con alto riesgo de encharcamiento; más del 3% de los suelos tuvieron esos valores.

Con respecto a la Densidad Aparente de las muestras de suelos, el valor más bajo fue de 0,54 g/cc, el más alto fue de 1,46 g/cc, Brrady & Weil (2016) caracterizan suelos con valores de densidad aparente menor a 1 gr/cc, como valores muy bajos, con alta materia orgánica, muy sueltos y con excelente porosidad, el 44% de los suelos analizados presentaron este tipo de valores. Los valores de densidad aparente en el rango de 1 a 1,3 g/cc, considerados como valores bajos, son caracterizados como de buen desarrollo estructural; cerca del 42% de los suelos analizados arrojaron valores en este rango, el 14% restante de los suelos analizados arrojaron valores hasta de 1,46 g/cc.

En la sección 13 de este documento (Detalle de evidencias) se encuentra el enlace al Apéndice 2 en las que se presentan los valores de textura, Límites Plásticos Superior e Inferior y su comportamiento gráfico, Conductividad Hidráulica y Densidad Aparente establecidos para cada una de las parcelas de las personas beneficiadas por el proyecto. No se incluyen los procesos de cálculo debido al gran volumen de información generada en los procesos de laboratorio.

Estos resultados constituyen la base para las recomendaciones del manejo de suelos y la aplicación de riego para cada una de las unidades productivas.

- **Riego y Fertirriego.**

El Cuadro 3 resume las características técnicas recomendadas para riego por goteo en cebolla, en los que se consideraron principalmente las variables de pendiente generalizada de cultivos, tipos de suelo de la región, distribución de plantas en las eras de cultivo, disponibilidad de agua y tiempo de riego, basados en estudios realizados por estudiantes del curso Taller de Diseño de la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC. (Arauz Chavarria, Arias Núñez, Morales Vargas, Montero Ramírez, & Ortiz Tencio, 2020)

Cuadro 3. Especificaciones Técnicas recomendadas para sistemas de riego por goteo para cebolla del plan AGRINNOVACIÓN 4.0

Cultivo	Cebolla
Ancho de eras de cultivo (metros)	1,15
Espaciamiento entre plantas (cm)	8,00
Espaciamiento entre hileras (cm)	14,00
Lámina neta máxima por aplicar (mm)	14,18
Lámina bruta máxima por aplicar (mm)	16,58
Espaciamiento entre emisores (cm)	30,00
Espaciamiento entre líneas de riego (cm)	14,00
Caudal del gotero (litros/hora)	1,00
Tipo de gotero	Autocompensado
Intensidad de aplicación (mm/hr)	23,80
Lámina neta máxima por aplicar (mm)	14,18
Lámina bruta máxima por aplicar (mm)	16,58
Tiempo de riego (minutos)	42,00

Fuente: Elaboración propia

Se recibieron dos ofertas para los sistemas de riego que incluían el equipamiento de sensores tecnología de transmisión y monitoreo de datos. Ninguna llenaba los requisitos establecidos referidos a la manguera para riego por goteo en cuanto a caudales de emisión, espaciamiento entre emisores y auto compensación solicitados debido a condiciones de disponibilidad en el mercado nacional, por lo que la selección se basó en los otros elementos de las ofertas.

Para el cálculo de las láminas de riego de cada unidad productiva se utilizó la siguiente fórmula:

$$L = \text{Densidad Aparente} \times \text{Agua Útil} \times 300 \text{ mm}$$

- La Densidad Aparente se estableció para cada una las unidades productivas en la caracterización de suelos, en la fórmula se introduce en las unidades calculadas (g cm^{-3}).
- El Agua Útil es la diferencia entre la Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez en decimales, ambos valores en porcentaje fueron proporcionados por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la UCR.

- Los 300 mm equivalen a los 30 cm de profundidad de raíces establecida para los cultivos, y por lo tanto, las unidades de la lámina de riego son también en mm.

La Intensidad de Aplicación (I), conocida también como precipitación, es una variable que en general depende del dispositivo de riego y de su distribución en el campo:

$$I = \text{Caudal del emisor} / (\text{Espacio entre emisores} \times \text{espacio entre líneas})$$

- El caudal del emisor es el del gotero en litros por hora.
- El espacio entre emisores, es el espaciamiento entre goteros, se usan metros como unidades.
- El espacio entre líneas es el espaciamiento entre mangueras de riego también en metros.

Al realizar el cálculo en las unidades señaladas por conversión el resultado es directamente en mm/hr.

La manguera seleccionada para riego por goteo fue no compensante, de emisores con un caudal de 2,1 l/h cada 20 cm, la colocación de las líneas de goteo se estima en 14 cm, por su espaciamiento entre las líneas de cultivo, lo cual, hace que la intensidad de aplicación se calcule de la siguiente manera:

$$I = 2,1 \text{ l/h} / (0,2 \text{ m} \times 0,14 \text{ m}) \Rightarrow I = \mathbf{75 \text{ mm/hr}}$$

El Tiempo de Riego (T_r) se calcula por la relación entre la lámina de riego y la Intensidad de aplicación:

$$T_r = \text{Lámina de riego} / \text{Intensidad de aplicación}$$

Como se estableció, las unidades de la Lámina de riego son mm, y las de la Intensidad de aplicación son mm/hr, por lo tanto, el tiempo de riego será en horas, que por facilidad de manejo se transforma a minutos (redondeándose hacia arriba de ser necesario).

Se calculó la Lámina de riego y el Tiempo de riego para en cada unidad productiva, siendo la lámina más baja de 15,04 mm y la más alta de 101,21 mm. Los valores de tiempos de riego varían entre 13 minutos, lo cual es un tiempo poco manejable en labores de fertirrigación que requieren tiempo para llenado de las mangueras, inyección de fertilizante y lavado final, hasta 70 minutos (1 hora y 10 minutos), cabe destacar que los datos recibidos de CC y PMP en algunos casos, son cuestionables debido a su valor tan alto para el tipo de suelos de la zona: valores de CC por encima del 73% y hasta el 90%, que son contenidos de humedad en el que los suelos de la región están en niveles de saturación, y valores de PMP por encima de 45% y 47%, valores en los que este tipo de suelos generalmente presentan condiciones favorables de humedad.

Cada uno de los 18 sistemas instalados a cielo abierto fue visitado para garantizar su adecuada instalación y funcionamiento. El problema más común encontrado fue caída de presión originada por elementos del sistema como los inyectores Venturi para fertirriego, caudalímetros, y colocación de válvulas solenoides de diámetro menor al de la tubería de conducción y distribución. En general al realizar la supervisión de la instalación de equipos de riego, las personas beneficiadas señalaron que la empresa encargada de la instalación de los sistemas de riego les indicó tiempos de riego de menos de 20 minutos, lo que supera el tiempo requerido para suelos arenosos y para suelos más francos es un tiempo muy bajo en comparación al realmente requerido, por lo tanto, se hicieron las recomendaciones individualizadas para cada una de las parcelas según los tiempos calculados. Por otro lado, la uniformidad de riego oscilaba en un rango desde el 5,71% hasta el 40% de variación entre datos de goteo. En ambientes protegidos se instaló riego en macetas con goteros de botón autocompensados en camas niveladas, por lo que estos problemas de variación no se presentaron.

En cuanto a la gestión del fertirriego, que requiere de un tiempo inicial de llenado, posterior al cual se realiza la inyección con sistemas Venturi, y posteriormente un tiempo de lavado, para asegurarse que no queda residuo en la manguera, la empresa encargada de la instalación estandarizó estos tiempos para todas las unidades productivas, sin embargo, los resultados de las evaluaciones realizadas para la calibración de sistemas de fertirriego llevaron a la conclusión de que no es posible generalizar los tiempos de llenado, de inyección de fertilizante y de lavado, ya que cada unidad posee características de distribución en campo, topografía, y ubicación del punto de inyección y bombeo, por lo que se hace necesario seguir un procedimiento que garantice una adecuada distribución del fertirriego en cada sección, se desarrolló una metodología de calibración con la que se preparó la presentación “Metodología de calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual, basado en el caso del Sr. Asdrúbal Madrigal Robles.” El procedimiento planteado culminó con la preparación del manual “Calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual”.

En la sección 13 de este documento (Detalle de evidencias) se encuentra el enlace al Apéndice 3 en el que incluyen el cálculo específico de la Lámina y Tiempos de riego a partir de los valores de Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente, Agua Útil y Densidad Aparente de cada una de las personas beneficiadas, y una de las hojas electrónicas usadas para el cálculo de la variabilidad en la inyección de fertilizantes para la calibración de sistemas de fertirriego como ejemplo del procedimiento seguido, también fotos de algunas de las instalaciones realizadas a los productores incluyendo bombas, inyectores de fertilizantes, tuberías de conducción y distribución, válvulas, y entrada de líneas de riego por goteo a las eras con coberturas plásticas para cebolla, se incluyen también fotos tomadas durante algunas calibraciones de fertirriego en condiciones de cielo abierto y en ambientes protegidos que no presentaron mayor problema por hacer uso de goteros de botón autocompensados como ya se señaló.

En la sección 13 también se incluye el enlace a la presentación realizada para exponer la metodología de calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual, basado en el caso del Sr. Asdrúbal Madrigal Robles, así como al del manual “Calibración de Sistema de Fertirriego por Medio de Inyección con Venturi”.

Esta etapa constituyó la labor de mayor transferencia y asesoría a cada una de las personas beneficiarias, evaluando la instalación de riego y fertirriego realizada en cada unidad productiva, señalando algunas deficiencias en cuanto a dispositivos que ocasionaban que las presiones no fuesen las adecuadas, además se evaluó la variabilidad en la uniformidad de riego, señalándose los resultados a los instaladores y administradores del proyecto, además permitió evaluar y calibrar los equipos de inyección de fertilizantes instalados, y desarrollar una metodología para lograr una mayor eficiencia en la aplicación de fertirriego que se puso a disposición directamente de las personas beneficiadas.

- **Supervisión en la instalación, monitoreo y definición de datos de sensores agrícolas.**

El proyecto fue inicialmente planteado para que la Escuela de Ingeniería Agrícola se encargara de la colocación de los sensores y el monitoreo consiguiente de los datos generados para ser integrados a la base datos georreferenciada, sin embargo, la licitación se redactó para que la empresa que supliese los sensores se encargara de su instalación y gestión de los datos, asumiéndose que por ser los distribuidores estarían más familiarizados con el manejo tecnológico del equipo.

Como parte de la supervisión se solicitó la recomendación técnica para la selección de la oferta de sensores de variables del suelo, recomendándose el sensor cuyas variables, captura, seguimiento, manejo de bases de datos y elementos de la interfaz de presentación de datos para agentes de extensión del MAG y para los beneficiarios fuese la más conveniente. En el Apéndice 4 incluido en la sección 13 de este documento se encuentra el cuadro elaborado para la comparación técnica entre las dos ofertas recibidas.

De los equipos originalmente contratados, sólo se recibió información de las estaciones meteorológicas, en las que no se solicitó intervención al TEC, sino que fueron gestionadas por medio de la UCR, de los sensores originalmente contratados con tecnología de transmisión de datos IoT, no se recibió ninguna información a lo largo del proyecto, por lo que se acudió a la Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón (COMCURE), ajena al proyecto, para obtener sensores de una generación más baja.

Se instalaron en algunas de las unidades productivas sensores de succión de humedad del suelo, marca Watermark (Watermark Soil Moisture Sensor®), así como un sensor de porcentaje de humedad del suelo marca WaterScout, SM100 (WaterScout SM100 Soil Moisture Sensor®). Ambos unidos a una miniestación de

la serie 1000, marca WatchDog (Waterscout 1000 Series Micro Stations®), encargada de acumular la información recolectada por los sensores, ya que la construcción de este sistema de recolección y tratamiento de datos, no permite la transmisión inalámbrica en tiempo real, por lo tanto, los datos recolectados en las miniestaciones son recolectados mediante un transportador marca WatchDog de la serie 2000 (WatchDog 2000 Data Shuttle®), instrumento que se encarga de recopilar la información para trasladarla para su análisis en escritorio mediante un cable de USB a conector estéreo de 3,5 mm (USB to 3.5mm Stereo Plug Cable®), para ser procesada mediante el software SpecWare 9®, el cual permite graficar el comportamiento del porcentaje de humedad volumétrica presente en el suelo así como la tensión de humedad, durante el tiempo acumulado a lo largo del estudio.

En la generalidad de los casos se tomaron datos de forma simultánea y constante en algunos casos cada 15 minutos y otros cada 30 minutos durante toda la temporada de producción.

El análisis general de los gráficos y valores generados por estos sensores en las diferentes unidades productivas permitieron establecer conclusiones y recomendaciones que pueden servir como base para la continuación de estudios para mejorar la gestión del recurso hídrico en la región.

Además, se realizaron dos estudios del comportamiento del agua en condiciones de producción en ambientes protegidos incluyendo medio de producción en sustrato, que permiten ser base para estudios futuros de producción hidropónica.

Siguiendo esta metodología se realizó el proyecto Evaluación del efecto de las coberturas plásticas (mulch) y sensores IoT en el manejo agronómico de tres cultivares de papa: híbridos 398098.204, 389468.3 y variedad comercial Palmira en la Finca Experimental Dr. Carlos Durán, cuyos resultados incluyen un apartado del comportamiento del recurso hídrico en condiciones de cultivo con cobertura plástica y sin cobertura plástica, que sirvieron de base para la elaboración del artículo “Comportamiento del contenido de humedad y tensión del suelo en cultivo de papa con cobertura plástica en Potrero Cerrado, Oreamuno, Costa Rica.” En proceso de aprobación.

En la sección 13 (Detalles de evidencias) está el enlace al Apéndice 5, que presenta las características de este equipamiento, así como algunas fotografías de su instalación y uso en campo, en el mismo apéndice se incluye la instalación de los equipos originalmente contratados. En esta misma sección está el enlace al documento “Estudio de la gestión del riego mediante sensores de contenido de humedad y succión del suelo en unidades productivas en la región de Tierra Blanca, Cartago.”, Informe de Avance rendido a inicios del año 2025 a COMCURE y el enlace al artículo “Comportamiento del contenido de humedad y tensión del suelo en cultivo de papa con cobertura plástica en Potrero Cerrado, Oreamuno, Costa Rica.”

[4] Capacitación y Transferencia Tecnológica

El plan de capacitación propuesto por AGRINNOVACIÓN 4.0, inicialmente se planteó para ser desarrollado por las universidades públicas participantes en el proyecto y el Instituto Nacional de Aprendizaje, pero por negociaciones con las empresas comerciales proveedoras de los equipos y tecnologías, se definió que, salvo casos excepcionales, estas serían las encargadas de impartir las capacitaciones correspondientes bajo la supervisión y asistencia de los entes de formación originales.

De manera particular, la Escuela de Ingeniería Agrícola aprovechó cada visita realizada de forma individual a las personas beneficiadas por el proyecto para brindar asesoría en campo personalizada en los temas asignados y otras consultas particulares, en algunos casos, al visitar zonas, se atendió consultas de personas productoras no beneficiadas por el proyecto, y fue común que al respondiendo solicitudes se hicieran segundas y hasta terceras visitas. Además, participó y expuso, en coordinación con los agentes proveedores de equipo, elementos referidos a Agricultura Digital en un Día de Campo realizado para Agentes Extensionistas de la Regional del MAG en Tierra Blanca de Cartago.

En el marco del proyecto se realizó una formación al Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) en el software geo posicional QGIS, demostración de piloto automático en tractores combinado con calibración de pulverizadora, así como medición de eficiencia de riego.

En la sección 13, se incluye un enlace al programa de capacitación original, y en el Apéndice 6 se incluye el cronograma preparado y presentado posterior a la negociación con proveedores, fotos del día de campo y fotos de la capacitación al SFE.

11. Logro del propósito y los componentes

Propósito (objetivo general):	Asesoría para el desarrollo de agricultura de precisión e innovación tecnológica en 18 módulos productivos a campo abierto y 7 proyectos bajo agricultura protegida en papa, cebolla y zanahoria de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago en el marco del programa nacional AGRINNOVACIÓN 4.0		
Componentes (Objetivos específicos)	Indicador	% de logro	Comentarios
C1. Agregación de valor y producción sostenible.	- 18 planos topográficos a escala 1:2500 debidamente georreferenciados. - 7 ubicaciones de ambientes protegidos georreferenciadas.	100	El detalle de cada indicador se encuentra detallado en el Apéndice 1

	<ul style="list-style-type: none"> - 12 Estaciones meteorológicas georreferenciadas - 1 mapa digital con variables de unidades productivas. - 1 plataforma digital SIG. 		
C2. Adaptación al cambio climático. (Requerimiento hídrico de cultivos)	<ul style="list-style-type: none"> - 18 muestreos de suelos. - 18 valores de densidad aparente. - 18 valores de capacidad de campo. - 18 valores de punto de marchitez permanente. - 18 valores de agotamiento permisible. - 7 muestreos de sustratos. - 7 valores de porosidad total - 7 valores de capacidad de retención de agua - 18 planos topográficos, escala 1:2500. - 18 características físicas de suelos con fines de conservación. - 18 informes de condiciones de fertilidad de suelos. -18 Protocolos de prácticas agrícolas para conservación de suelos y fertilidad. 	100	<p>La totalidad de las tareas propuestas para la caracterización de suelos fue realizada.</p> <p>La caracterización del sustrato de las unidades de producción en ambientes protegidos fue cancelada por parte de la administración del proyecto y reasignado a otro equipo.</p> <p>Se realizaron las 18 caracterizaciones físicas de suelos con fines de conservación, y las recomendaciones y fueron entregadas al MAG de Tierra Blanca para decisión de acciones</p>

<p>C2. Adaptación al cambio climático. (Riego y Fertirriego)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 25 diseños agronómicos de riego (emisores, distribución y tiempos de riego). - 25 diseños hidráulicos de riego - 18 sistemas de inyección de fertilizantes calibrados. - 7 sistemas de dosificación de fertilizantes calibrados. - 25 instalaciones de sistemas de riego supervisadas. 	<p>100</p>	<p>Con los datos de suelo se realizó el diseño agronómico e hidráulico de un sistema de riego modelo por goteo a instalar en los proyectos a cielo abierto que sirvió como base para establecer el cartel para la adquisición de los sistemas de riego por goteo.</p> <p>Una vez instalados los sistemas de riego, además de su debida inspección, se realizaron las evaluaciones de los sistemas de inyección de fertilizantes para sistemas a cielo abierto y para dosificación de fertilizantes en ambientes protegidos.</p>
<p>C2. Adaptación al cambio climático. (Sensores Agrícolas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de 36 kits de sensores para humedad y succión de suelo. - Calibración de 36 kits de sensores para humedad y succión de suelo. - Instalación de 36 kits de sensores para humedad y succión de suelo. - Selección de 14 kits de sensores para humedad en sustratos. - Calibración de 14 kits de sensores para humedad para sustratos - Instalación de 14 kits de sensores para humedad en sustratos. - Monitoreo y seguimiento inicial de 	<p>12,5</p>	<p>Se participó en la selección de los kits de sensores para monitoreo y transmisión de datos en general.</p> <p>La administración del proyecto a cargo de la UCR, incluyó la instalación y calibración entre los términos de adquisición.</p> <p>Se excluyó al TEC de su participación en los procesos relacionados a los ambientes protegidos.</p> <p>Todo lo relacionado al monitoreo y seguimiento de datos fue delegado a la empresa suplidora del equipo.</p> <p>No se abordó la etapa de diseño de base de datos, por ausencia de estos.</p>

	<p>datos de 50 kits de sensores de humedad de sustratos y suelo.</p> <p>- Diseño de base de datos para captura, manejo y presentación en interfaz para agentes de extensión del MAG y productores</p>		
C3. Capacitación y Transferencia Tecnológica	<p>- 11 capacitaciones a 12 extensionistas de las Agencias de Llano Grande, Tierra Blanca, Pacayas y Corralillo</p> <p>- 11 capacitaciones a 25 productores representantes de los núcleos familiares beneficiados.</p> <p>- 1 día de campo para presentación de componentes de sistemas de riego por goteo.</p> <p>- 1 día de campo para presentación de componentes de agricultura de precisión y sensores agrícolas.</p>	50	<p>Producto de la negociación en la adquisición de los diferentes sistemas, las transferencias fueron realizadas por la empresa suplidora y la participación del TEC y otras universidades y el INA fue de carácter supervisor. Las formaciones se dirigieron a los extensionistas del MAG, no se dio un programa formal de formación a personas beneficiadas.</p> <p>Se hizo un día de campo para Extensionistas del MAG de la Región Oriental en Tierra Blanca</p> <p>Se dieron dos días de campo seguidos para el Servicio Fitosanitario del Estado en softwares y equipos aplicados a agricultura de precisión y medición de la eficiencia en riego.</p>

12. Logros no contemplados en el proyecto

Los productos de georreferenciación, caracterización de suelos, asesoría en riego y fertirriego y evaluación de sensores de humedad de suelo, fueron realizados no sólo para las personas beneficiadas por el proyecto de la Región de Desarrollo Central Oriental, sino que hubo traslape con personas beneficiarias de proyectos similares de otras fuentes, lo cual se hace notable en la presentación de resultados en donde se incluyen personas no incluidas en la lista original de beneficiarios.

Los resultados de las evaluaciones y calibraciones realizadas a los sistemas de fertirriego de las personas beneficiadas con proyectos a cielo abierto, permitieron desarrollar un procedimiento que garantiza una adecuada distribución del fertirriego, con el que se elaboró el manual “Calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual”, cuyo enlace se incluye en el apartado 13 de este documento.

El uso de sensores y software proporcionados por la Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón (COMCURE), permitió la elaboración del informe “Estudio de la gestión del riego mediante sensores de contenido de humedad y succión del suelo en unidades productivas en la región de Tierra Blanca, Cartago.”, Informe de Avance rendido a inicios del año 2025 a COMCURE y el artículo “Comportamiento del contenido de humedad y tensión del suelo en cultivo de papa con cobertura plástica en Potrero Cerrado, Oreamuno, Costa Rica.”

13. Detalle de evidencias

Actividad	Número de Apéndice / enlace / carpeta / respaldo digital
Sistema de Información Geográfica de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago	Apéndice 1
Caracterización de suelos	Apéndice 2
Riego y Fertirriego	Apéndice 3
Exposición de la metodología de calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual, basado en el caso del Sr. Asdrúbal Madrigal Robles	Presentación
Manual de Calibración de Sistema de Fertirriego por Medio de Inyección con Venturi	Manual
Cuadro comparativo para la selección de sensores y dispositivos tecnológicos	Apéndice 4
Sensores Agrícolas	Apéndice 5
Estudio de la gestión del riego mediante sensores de contenido de humedad y succión del suelo en unidades productivas en la región de Tierra Blanca, Cartago	Informe de Avance
Comportamiento del contenido de humedad y tensión del suelo en cultivo de papa con cobertura plástica en Potrero Cerrado, Oreamuno, Costa Rica	Artículo
Programa de capacitación AGRINNOVACIÓN 4.0	Capacitación
Capacitación y Transferencia Tecnológica	Apéndice 6

14. Integración con la academia

Participación de estudiantes asistentes

Nombre del estudiante	Carrera	Actividades realizadas
Hazel Priscila Garro Ureña	Ingeniería Agrícola	Apoyo en recolección de muestras y tratamiento en laboratorio de suelos.
Charot Marie Vargas Ugalde	Ingeniería Agrícola	Tratamiento de suelos en laboratorio.
Ericka Fabiola Picado Mora	Ingeniería Agrícola	Tratamiento de suelos en laboratorio.
Esteban José Rodríguez Leandro	Ingeniería Agrícola	Recolección y tratamiento de datos para georreferenciación.
Fabricio Rojas Rojas	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo.
John Josué Barboza Sánchez	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo.
Yorbi Daniel Castillo Solano	Ingeniería Agrícola	Recolección y tratamiento de datos para georreferenciación.
Yorjani Zumbado Espinoza	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo.
Joseph Williams Lezcano	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo y recolección de datos para georreferenciación.
María Paula Iglesias Gutiérrez	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo y recolección de datos para georreferenciación.
Miguel Manrique Umaña Vargas	Ingeniería Agrícola	Apoyo en pruebas de campo y recolección de datos para georreferenciación.

15. Cumplimiento del plan de socialización y publicación

a. Estrategia de socialización de los resultados

Estrategias de Socialización	
Actividades	Productos
Levantamiento georreferenciado de las parcelas de beneficiarios de proyectos	Plano y base de datos digital de uso abierto para instituciones y personas físicas.
Levantamiento georreferenciado de las parcelas de beneficiarios de proyectos.	Planos topográficos digitales para el MAG y para personas beneficiadas a escala 1:2500 de las parcelas a cielo abierto.
Caracterización de suelos	Recomendaciones de manejo de suelos para las parcelas de las personas beneficiadas a la Agencia de Extensión Agrícola correspondiente del MAG.
Supervisión de sistemas de riego por goteo.	Supervisión individualizada de la instalación y funcionamiento de los sistemas de riego por goteo a campo abierto y en ambientes protegidos.
Evaluación de los sistemas de inyección de fertilizante.	Evaluación, calibración y seguimiento individualizado de los sistemas de inyección de fertilizante de las personas beneficiadas con proyectos a cielo abierto y en ambientes protegidos.
Días de campo	1 día de campo con extensionistas de la Regional Occidental del MAG en riego, fertirriego y sensores. 2 días de campo con agentes del Servicio Fitosanitario del Estado en temas de softwares y equipos aplicados a agricultura de precisión y medición de la eficiencia en riego.

b. Estrategia de comunicación y visibilidad de los productos académicos

Nombre de producto académico	Tipo de producto académico	Estado (aceptado por publicar y publicado)	Base de datos de indexación (cuando corresponda)	Nombre de evento, revista o editorial	Comité científico y/o Consejo editorial (Si ó NO)
Comportamiento del contenido de humedad y tensión del suelo en cultivo de papa con cobertura plástica en Potrero Cerrado, Oreamuno, Costa Rica	Artículo de revista	En revisión		Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences	Si
Calibración de sistemas de fertirriego por medio de inyección con Venturi manual	Manual	Publicado en proceso de aceptación	Biblioteca José Figueres Ferrer. TEC Costa Rica.		No
Estudio de la gestión del riego mediante sensores de contenido de humedad y succión del suelo en unidades productivas en la región de Tierra Blanca, Cartago.	Informe de avance	Aceptado		Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón (COMCURE).	Si

16. Ejecución Presupuestaria

Objeto de gasto	Monto asignado	Monto ejecutado	Porcentaje ejecución	Justificación o limitación de lo no ejecutado
1-05-02-01	285,000.00	25,000.00	8,77	Sitios de visita cercanos a la institución y vecinos entre ellas.
1-04-03-01	254,000.00	174,509.80	69,80	Se realizó un descuento especial al TEC en los servicios de laboratorio.
2-03-04-01	700,000.00	679,230.00	97,03	Facturación diferente a la estimación.
2-03-06-01	300,000.00	281,934.00	95,86	Facturación diferente a la estimación.

17. Limitaciones y problemas encontrados

El proyecto enfrentó problemas de carácter político-administrativos desde su origen que obstaculizaron su debida ejecución, ya que la orden presidencial emitida para la ejecución del presupuesto a manejar desde el gobierno central inicialmente por medio del INDER, incluyó también a otros entes gubernamentales como órganos ejecutores de fondos y de apoyo técnico como El Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), El Sistema de Banca para el Desarrollo, Fundecooperación, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), las Universidades Públicas (UCR, UNA, TEC), el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y el despacho ejecutivo del Ministro de Agricultura y Ganadería, lo que provocó dispersión en proyectos de diferente escala, fondos, dirección técnica y direcciones ejecutivas, con la consecuente división de propósitos y orientaciones en cuanto a los objetivos específicos del programa que por la falta de coordinación sufrió un serio debilitamiento en su impacto nacional.

A nivel del proyecto coordinado administrativamente por el MAG-INDER-UCR, en cuyo marco se realizó este proyecto, la negociación de la instalación y gestión de la información digital se realizó sin contemplar en la negociación la creación y entrega del repositorio de datos de manera específica, por lo que el proveedor colocó los sensores pero no entregó la información digital, lo que impidió el acceso a los datos y la ejecución del monitoreo y seguimiento de datos de los sensores de humedad de sustratos y suelo, así como el diseño de la base de datos para captura, manejo y presentación en interfaz para agentes de extensión del MAG y productores, indicadores concluyentes del presente proyecto y del proyecto regional.

Al definirse que el proveedor del equipamiento en riego, fertirriego, sensores y ambientes protegidos fuese el encargado de realizar las correspondientes formaciones, estas se hicieron en horarios laborales en los que se hacía participar a las y los agentes de extensión del MAG, pero que imposibilitaba la participación de las personas beneficiadas o representantes. Se partió de la premisa que posteriormente estos agentes serían los encargados de hacer la extensión correspondiente, pero no se ha realizado ningún programa que destine recursos y tiempo para este fin.

18. Lecciones aprendidas, conclusiones y recomendaciones

1. La relación directa con las personas beneficiarias es básica para el éxito de los proyectos de extensión.
2. La existencia de instituciones que hagan labor intermediaria con las personas beneficiadas dificulta el alcance de los objetivos perseguidos los procesos de extensión.
3. Los procesos que regulen la gestión del cambio para introducir tecnologías nuevas en módulos productivos tradicionales deben incluir un alto componente de

capacitación, acompañamiento y validación personal en campo para asegurar su sostenibilidad en el largo plazo.

4. La coordinación entre personas beneficiadas, agentes de extensión, técnicos y entidades ejecutoras es esencial para lograr la implementación uniforme de los proyectos y para que todos los agentes involucrados comprendan el objetivo de cada componente de los proyectos.
5. La claridad en los roles y alcances de los participantes en proyectos interinstitucionales es fundamental para el alcance de los objetivos establecidos; el programa nacional sufrió una fuerte dispersión por la inclusión de varias instituciones sin una coordinación clara.
6. La exclusión del TEC y otras universidades en los procesos de extensión a las personas beneficiadas, evidencia que si no se delimitan funciones y responsabilidades desde el inicio de los proyectos, se pueden dar ajustes que afecten la cobertura y los resultados esperados.
7. Es necesario establecer procesos de rigurosidad en la supervisión técnica, si bien el diseño modelo de riego por goteo basado en datos reales de suelo optimizó la elaboración del cartel de compra, lo que ahorró tiempo y redujo el riesgo de adquirir sistemas inadecuados, los sistemas adquiridos debieron ser sujetos de mayor intervención para realizar los ajustes que fuesen necesarios.
8. La estandarización de procedimientos es fundamental en los procesos de extensión, lo cual quedó demostrado en la evaluación y calibración de los sistemas de inyección de fertilizantes que permitió establecer una metodología que unificó criterios técnicos para asegurar la homogeneidad de datos en distintos módulos productivos.
9. Es necesario alinear los objetivos técnicos y comerciales. La negociación con proveedores impactó la ejecución técnica y la transferencia de capacidades, por lo que es esencial que los términos de adquisición incluyan de forma obligatoria la participación e intervención técnica de las instituciones en todas las etapas críticas.
10. La transferencia dirigida por terceros limita el aprendizaje institucional. Delegar la capacitación y el seguimiento a la empresa comercial suplidora redujo la oportunidad de que el TEC, otras universidades y el INA adquirieran experiencia directa para replicar o dar soporte a futuro, en proyectos con múltiples tipos de participantes, la capacitación debe ser compartida y certificada para asegurar que la experiencia no quede únicamente en el proveedor.
11. La dependencia total del proveedor en el manejo de hardware y correspondiente información impidió el desarrollo interno de la base de datos y al ceder el monitoreo inicial, se perdió la oportunidad de generar autonomía técnica en el análisis y gestión de la información, lo cual limitó la posibilidad de construir herramientas propias de apoyo a la toma de decisiones para productores y extensionistas.

12. Es necesaria una gobernanza sólida en los proyectos interinstitucionales que asigne y de seguimiento a las funciones de cada ente participante, y que establezca mecanismos claros para resolver cambios de responsabilidades sin afectar los objetivos originales.

19. Agradecimientos

El equipo extensionista agradece a todas las personas beneficiadas del proyecto por su disposición a recibir las visitas, otorgar las orientaciones requeridas, atender las consultas y tomar de su valioso tiempo para dedicarlo a la atención de las inspecciones, evaluaciones y calibraciones de la tecnología instalada, así como su disposición a seguir en la medida de sus capacidades, cada una de las instrucciones recibidas.

20. Referencias

- AEA Tierra Blanca. (2019). *Diagnóstico y evaluación de pérdidas en cultivos de hortalizas por los efectos de la sequía entre diciembre de 2018 a mayo de 2019*. Cartago: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Arauz Chavarria, A., Arias Núñez, M. L., Morales Vargas, J. L., Montero Ramírez, F., & Ortiz Tencio, J. (2020). Diseños de sistemas de riego por goteo para el cultivo de cebolla en siete parcelas ubicadas al norte de la provincia de Cartago, Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. Curso Taller de Diseño.
- Brrady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería-Instituto de Desarrollo Rural. (2021). *Agricultura de Precisión, Innovación Tecnológica y Agregación de Valor en Producción Sostenible en Costa Rica AGRINNOVACIÓN 4.0. Plan de Reactivación Económica del Sector agroalimentario en la Región Central Oriental Cartago*. Cartago: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Ministerio de Comunicación. (15 de mayo de 2020). *Con una inversión de ₡4.267 millones, gobierno impulsa programa de alta tecnología para sector agroproductivo*. Obtenido de Costa Rica. Gobierno del Bicentenario. 2018-2022: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/05/con-una-inversion-de-%E2%82%A14-267-millones-gobierno-impulsa-programa-de-alta-tecnologia-para-sector-agroproductivo/>

21. Apéndices y anexos

Nombre y firma de la persona coordinadora del proyecto

Apéndice 1.
Sistema de Información Geográfica
de la Región de Desarrollo Central Oriental de Cartago

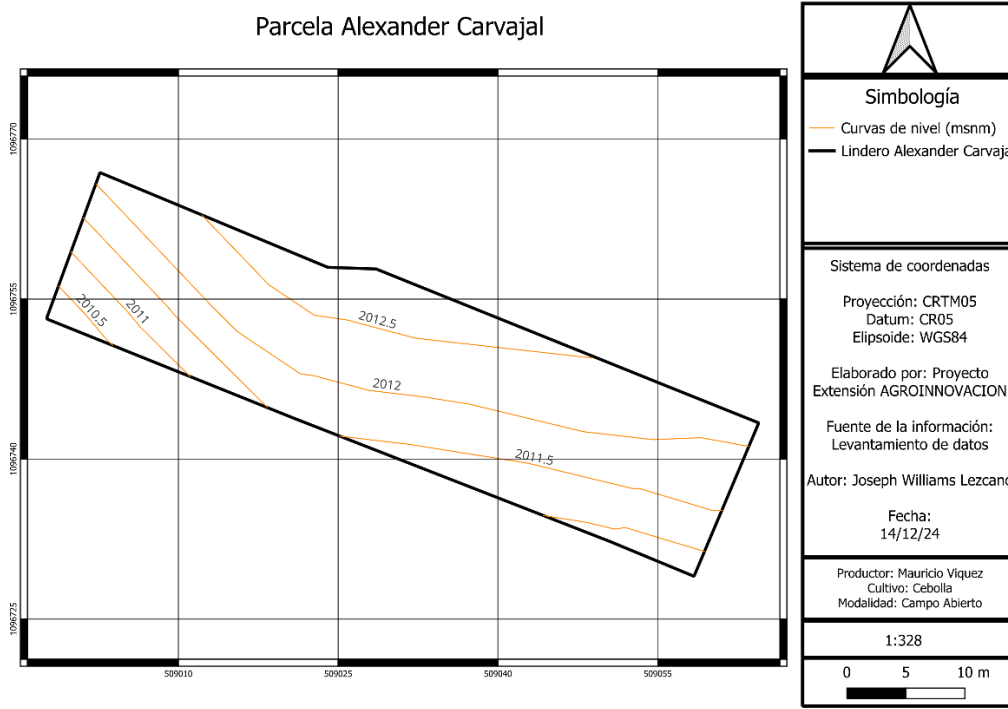
[\(Regreso al documento\)](#)

Cuadro A1-1. Coordenadas de geoposicionamiento de parcelas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0 en sistema Centroidal (WGS84)

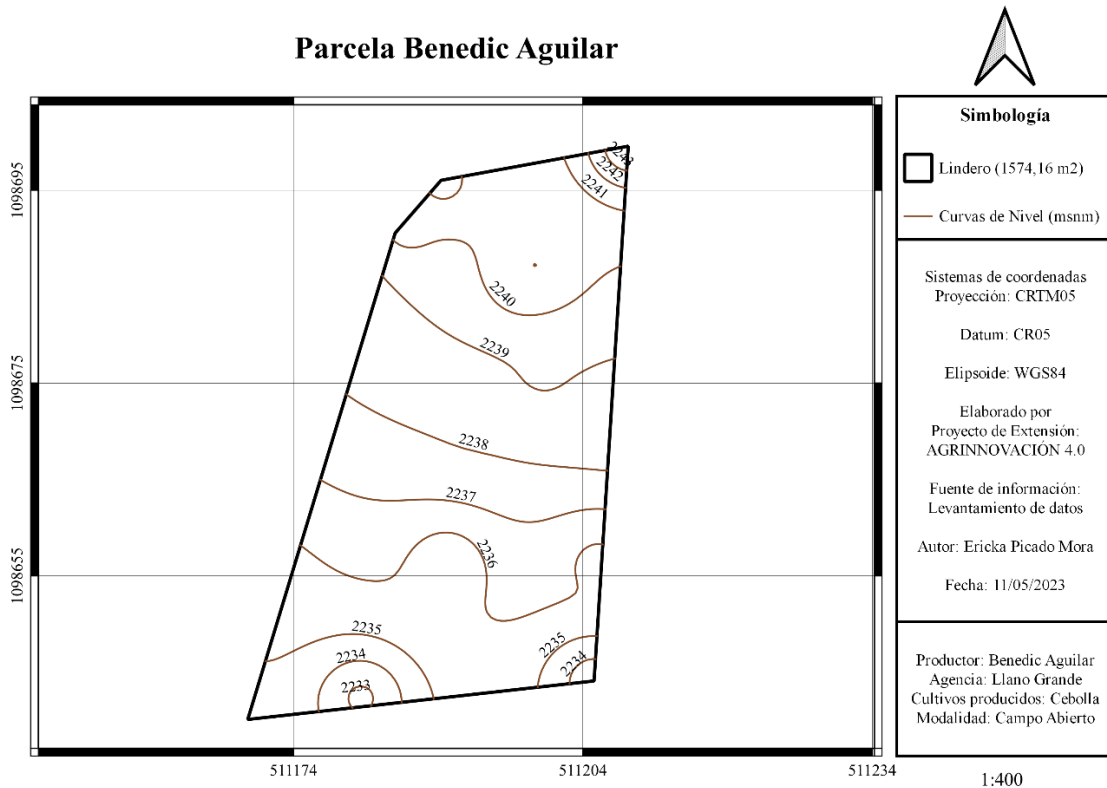
Persona beneficiada	Coordenada X (Este – Oeste)	Coordenada Y (Norte - Sur)
Alexander Carvajal	-83,9175991	9,918634443
Benedic Aguilar	-83,8980218	9,93600122
Daniel Ramirez	-83,889332	9,930439672
Gerardo Tencio	-83,9889855	9,835334871
Guillermo Martinez	-83,802049	9,916006284
Joaquín Guillen	-83,8238654	9,890782079
Luis Monge	-83,9029226	9,91914777
Manuel Monge	-83,9104561	9,923899537
Manuel Ceciliano	-84,0125327	9,817425621
Geovanni Chacón	-83,7994591	9,905066492
Omar Sanchez	-83,8314576	9,93775285
Marta Sanchez	-83,8073108	9,908768631
Mauricio Viquez	-83,9042607	9,910827692
Ramón Gonzales	-83,9153245	9,922636572
Roberto Zuñiga	-83,9213396	9,921118593
David Romero	-83,9796277	9,78766342

Planos topográficos de parcelas con cultivos a campo abierto.
Sin escala (Considerar la escala gráfica para su dimensionamiento).
Los nombres de las personas beneficiadas se observan en la parte superior del plano

Parcela Alexander Carvajal




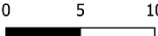


Parcela Benedic Aguilar

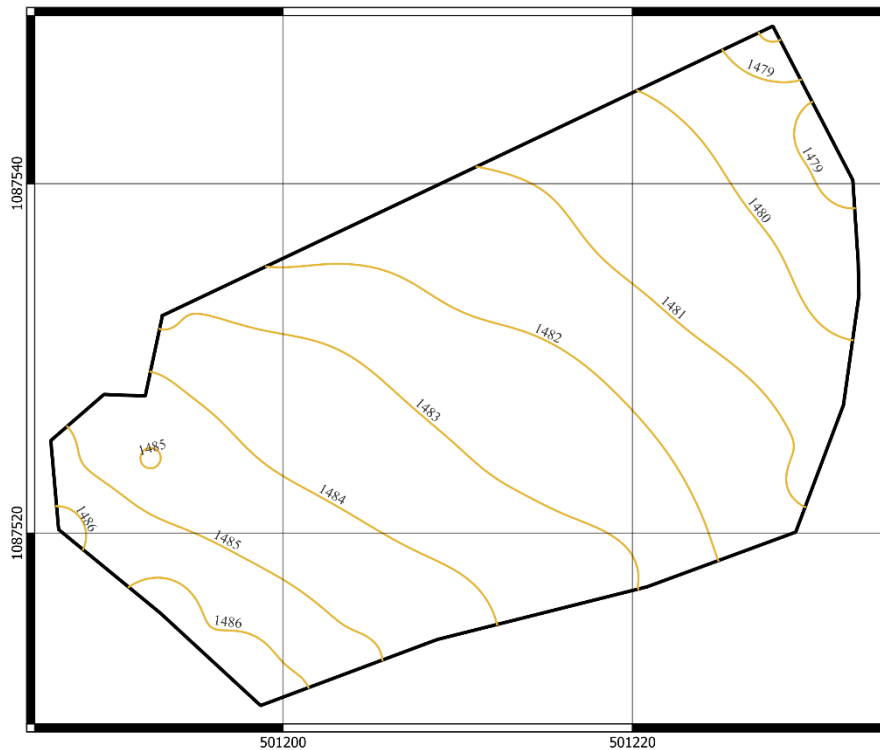





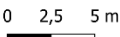
Parcela Daniel Ramirez



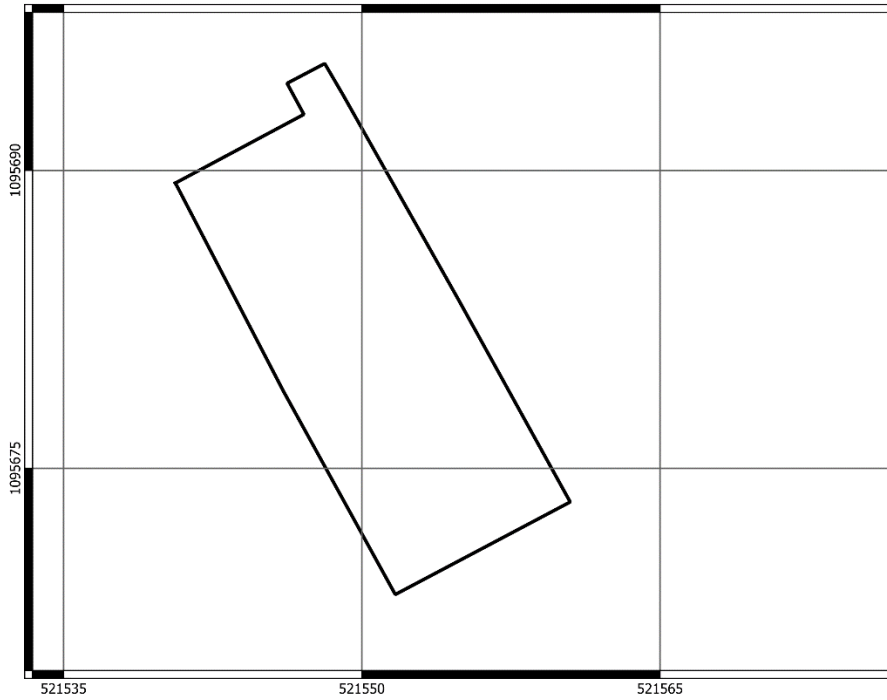
	
Simbología	
	Curvas de nivel (msnm)
	Lindero Daniel Ramirez
Sistema de coordenadas Proyección: CRTM05 Datum: CR05 Elipsoide: WGS84	
Elaborado por: Proyecto Extensión AGROINNOVACION	
Fuente de la información: Levantamiento de datos	
Autor: Joseph Williams Lezcano	
Fecha: 14/12/24	
Productor: Daniel Ramirez Cultivo: Cebolla Modalidad: Campo Abierto	
1:266	
	

Parcela Gerardo Tencio



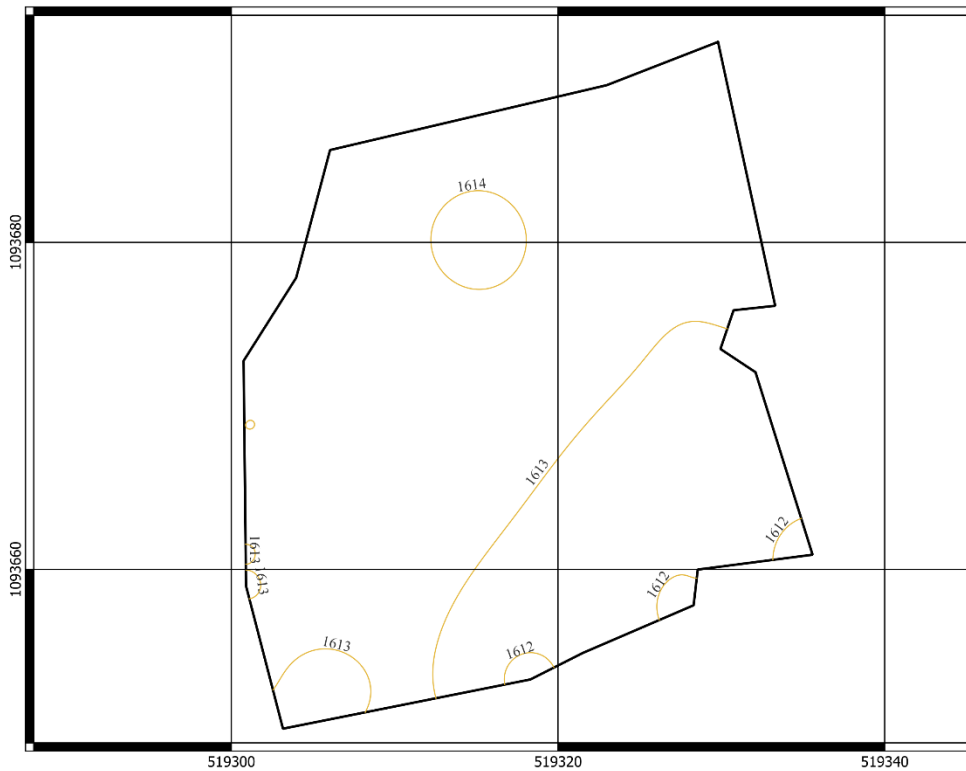
	
Simbología	
	Lindero (1073.51 m2)
	Curvas de nivel (msnm)
Sistemas de coordenadas Proyección: CRTM05 Datum: CR05 Elipsoide: WGS84	
Elaborado por Proyecto Extensión AGROINNOVACIÓN	
Fuente de información: Levantamiento de datos	
Autor: Joseph Williams Lezcano	
Fecha: 01/03/2024	
Productores: Gerardo Tencio Cultivos producidos: Cebolla Modalidad: Campo Abierto	
1:230	
	

Invernadero Guillermo Martínez



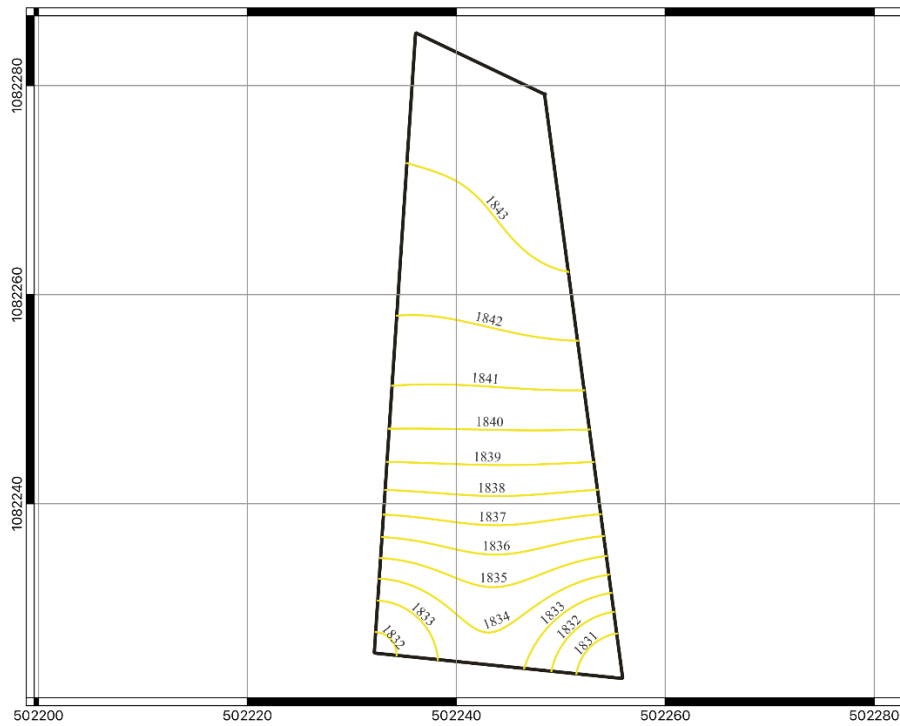
Simbología — Lindero Guillermo Martínez
Sistema de coordenadas Proyección: CRTM05 Datum: CR05 Elipsoide: WGS84 Elaborado por: Proyecto Extensión AGROINNOVACION Fuente de la información: Levantamiento de datos Autor: Joseph Williams Lezcano Fecha: 14/12/24
Productor: Guillermo Martínez Cultivo: Papa Modalidad: Invernadero
1:200
0 2,5 5 m

Parcela Joaquin Guillén



Simbología □ Lindero (1032.95 m2) — Curvas de nivel (msnm)
Sistemas de coordenadas Proyección: CRTM05 Datum: CR05 Elipsoide: WGS84 Elaborado por Proyecto Extensión AGROINNOVACIÓN Fuente de información: Levantamiento de datos Autor: Joseph Williams Lezcano Fecha: 09/02/2024
Productores: Joaquín Guillén Cultivos producidos: Cebolla Modalidad: Campo Abierto
1:253
0 5 10 m

Parcela David Romero



Simbología

- Lindero (1033.92 m²)
- Curvas de Nivel (msnm)

Sistemas de coordenadas
Proyección: CRTM05

Datum: CR05

Elipsoide: WGS84

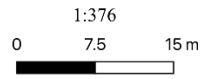
Elaborado por
Proyecto Extensión
AGROINNOVACIÓN

Fuente de información:
Levantamiento de datos

Autor: Miguel Manrique Umaña
Vargas

Fecha: 12/02/2024

Productores: David Romero
Cultivos producidos: Cebolla
Modalidad: Campo Abierto



Parcela Luis Monge



Simbología

- Lindero (1311.40 m²)
- Curvas de Nivel (msnm)

Sistemas de coordenadas
Proyección: CRTM05

Datum: CR05

Elipsoide: WGS84

Elaborado por
Proyecto de Extensión:
AGRINNOVACIÓN 4.0

Fuente de información:
Levantamiento de datos

Autor: Ericka Picado Mora

Fecha: 11/05/2023

Productores: Luis Monge
Agencia: Llano Grande
Cultivos producidos: Cebolla
Modalidad: Campo Abierto

1:400

Parcela Manuel Ceciliano



Simbología

- Lindero (976.967 m2)
- Curvas de Nivel (msnm)

Sistemas de coordenadas
Proyección: CRTM05

Datum: CR05

Elipsoide: WGS84

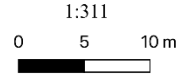
Elaborado por
Proyecto Extensión
AGROINNOVACIÓN

Fuente de información:
Levantamiento de datos

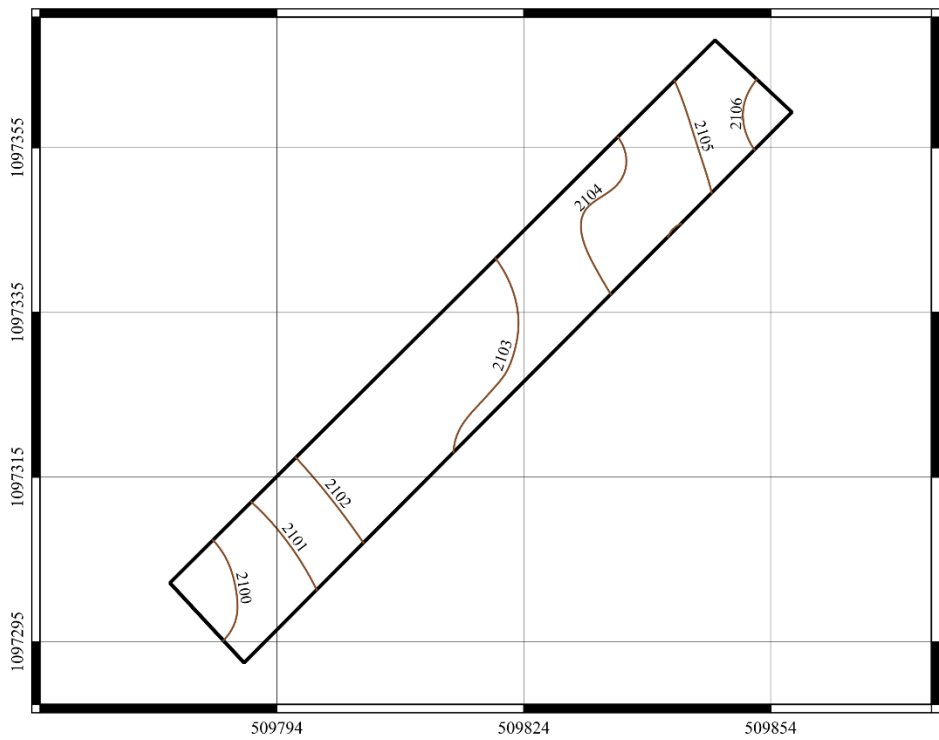
Autor: Miguel Manrique Umaña Vargas

Fecha: 12/02/2024

Productores: Manuel Ceciliano
Cultivos producidos: Cebolla
Modalidad: Campo Abierto



Parcela Manuel Monge



Simbología

- Lindero (1221,13 m2)
- Curvas de Nivel (msnm)

Sistemas de coordenadas
Proyección: CRTM05

Datum: CR05

Elipsoide: WGS84

Elaborado por
Proyecto de Extensión:
AGRINNOVACIÓN 4.0

Fuente de información:
Levantamiento de datos

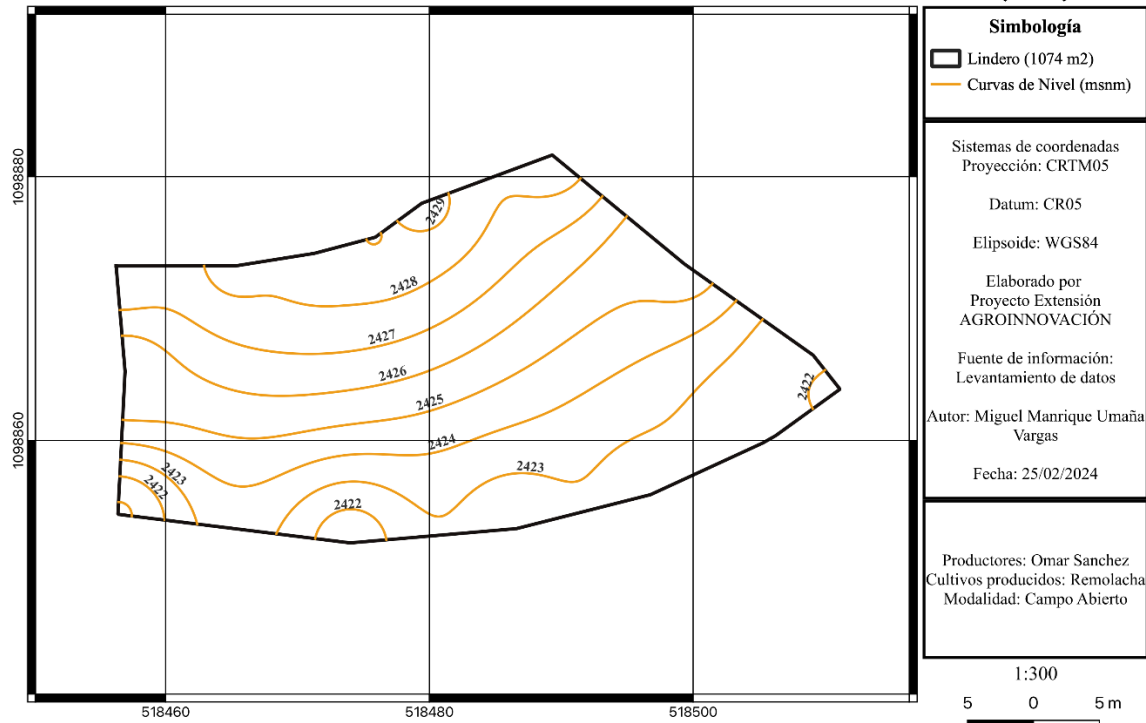
Autor: Ericka Picado Mora

Fecha: 11/05/2023

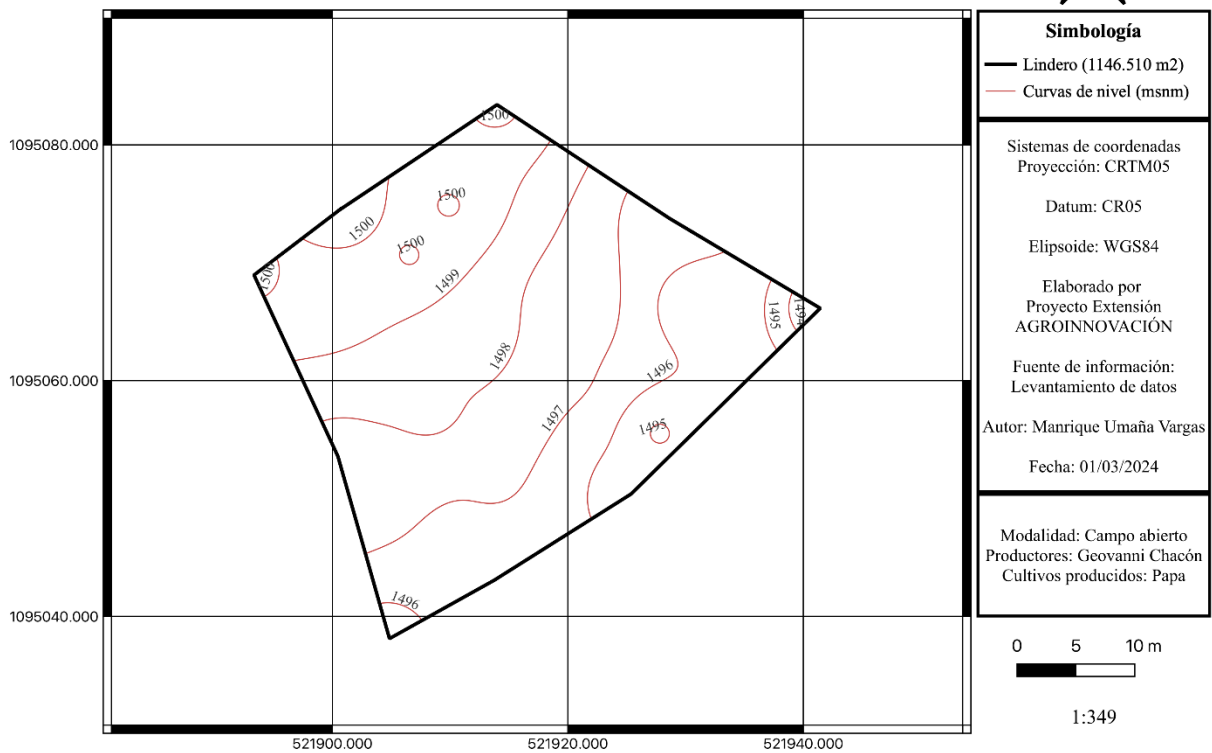
Productor: Manuel Monge
Agencia: Llano Grande
Cultivos producidos: Cebolla
Modalidad: Campo Abierto



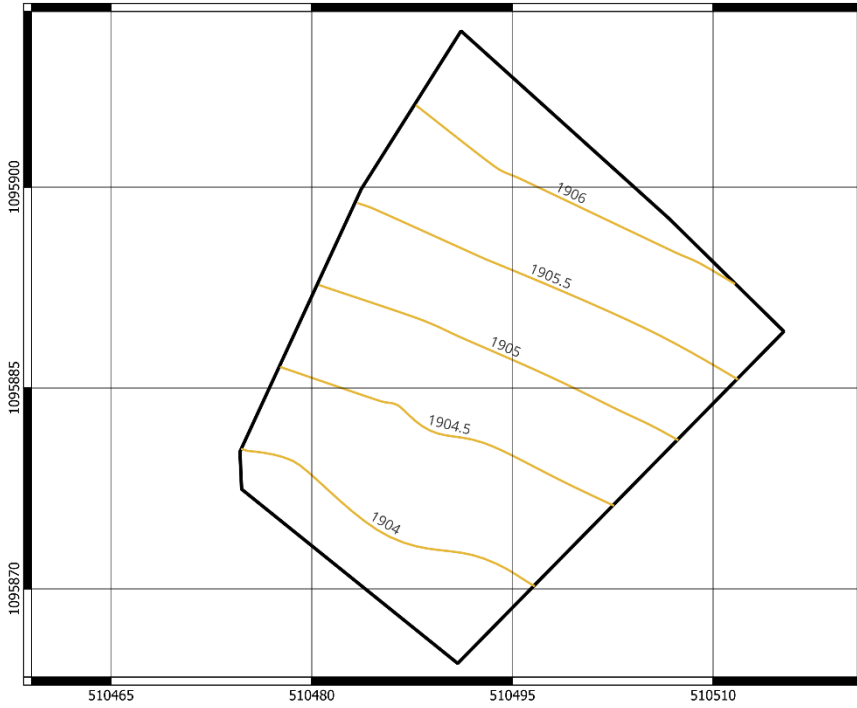
Parcela Omar Sánchez


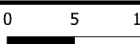


Parcela Giovanni Chacón

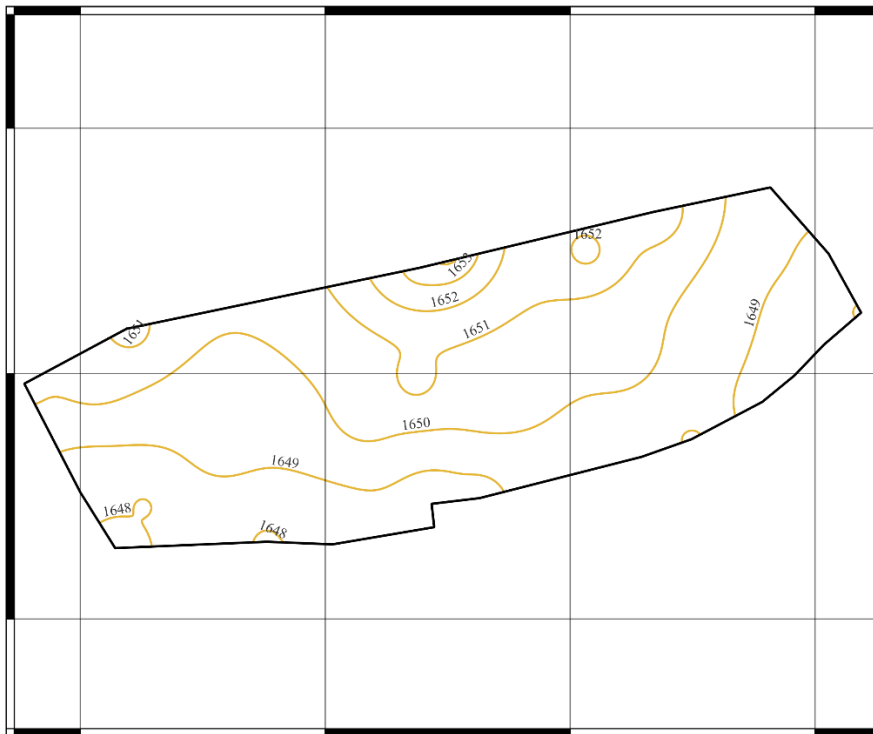



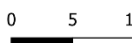
Parcela Mauricio Viquez



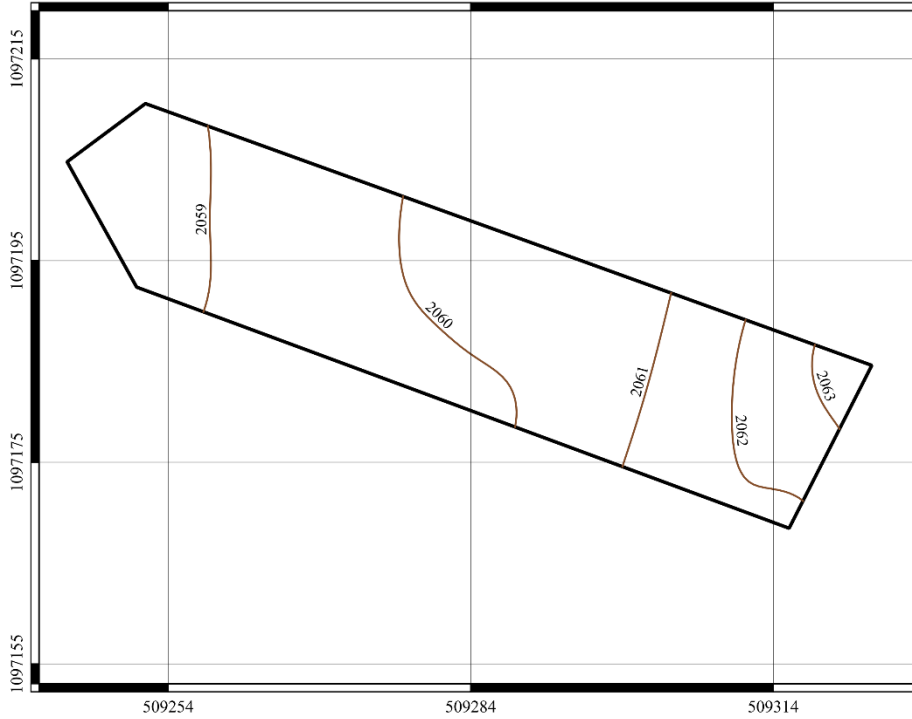

<p>Simbología</p> <p>— Curvas de nivel (msnm)</p> <p>— Lindero Mauricio Viquez</p>
<p>Sistema de coordenadas</p> <p>Proyección: CRTM05 Datum: CR05 Elipsoide: WGS84</p> <p>Elaborado por: Proyecto Extensión AGROINNOVACION</p> <p>Fuente de la información: Levantamiento de datos</p> <p>Autor: Joseph Williams Lezcano</p> <p>Fecha: 14/12/24</p>
<p>Productor: Mauricio Viquez Cultivo: Cebolla Modalidad: Campo Abierto</p>
<p>1:296</p>


Parcela Marta Guillén




<p>Simbología</p> <p>— Lindero (1182.274 m2)</p> <p>— Curvas de nivel (msnm)</p>
<p>Sistemas de coordenadas</p> <p>Proyección: CRTM05</p> <p>Datum: CR05</p> <p>Elipsoide: WGS84</p> <p>Elaborado por Proyecto Extensión AGROINNOVACION</p> <p>Fuente de la información: Levantamiento de datos</p> <p>Autor: Joseph Williams Lezcano</p> <p>Fecha: 09/02/2024</p>
<p>Productores: Marta Guillén Cultivos producidos: Papa Modalidad: Campo Abierto</p>
<p>1:332</p>


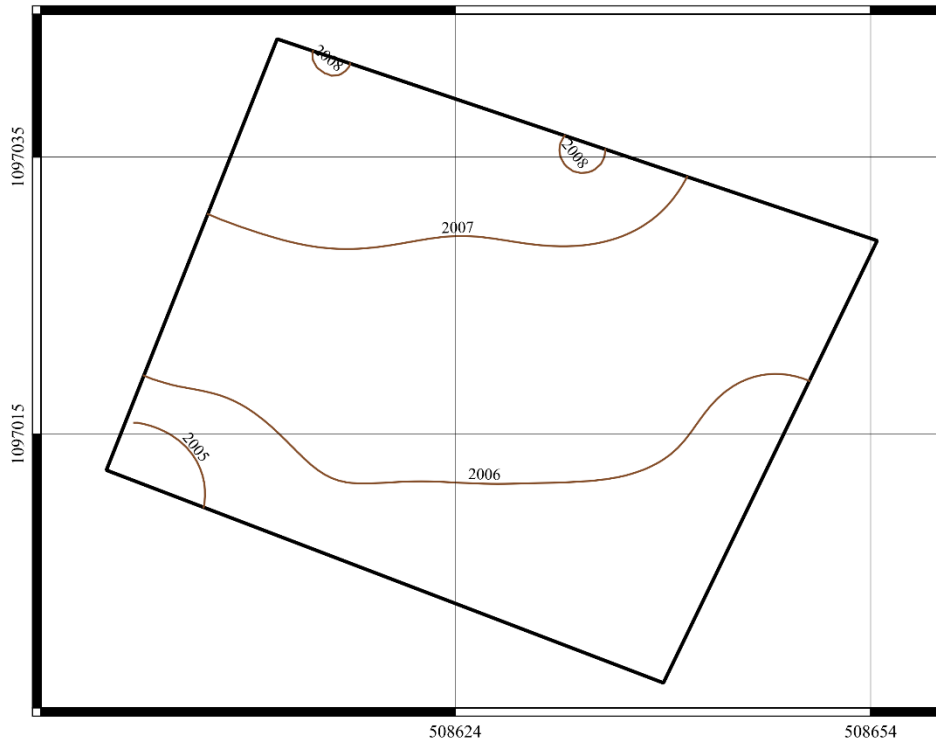
Parcela Ramón González



Simbología	
	Lindero (1356,06 m2)
	Curvas de Nivel (msnm)
Sistemas de coordenadas Proyección: CRIM05	
Datum: CR05	
Elipsoide: WGS84	
Elaborado por Proyecto de Extensión: AGRINNOVACION 4.0	
Fuente de información: Levantamiento de datos	
Autor: Erika Picado Mora	
Fecha: 11/05/2023	
Productor: Ramón González Agencia: Llano Grande Cultivos producidos: Cebolla Modalidad: Campo Abierto	

1:400

Parcela Roberto Zúñiga



Simbología	
	Lindero (1524,61 m2)
	Curvas de Nivel (msnm)
Sistemas de coordenadas Proyección: CRTM05	
Datum: CR05	
Elipsoide: WGS84	
Elaborado por Proyecto de Extensión: AGRINNOVACION 4.0	
Fuente de información: Levantamiento de datos	
Autor: Erika Picado Mora	
Fecha: 11/05/2023	
Productor: Roberto Zúñiga Agencia: Llano Grande Cultivos producidos: Cebolla Modalidad: Campo Abierto	

1:300

Fotografías de visitas para georreferenciación de parcelas productivas



Apéndice 2.
Caracterización de suelos.

[\(Regreso al documento\)](#)

Cuadro A2-1. Determinación de textura en parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0

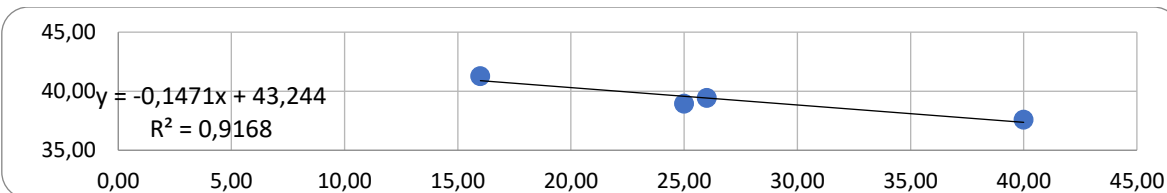
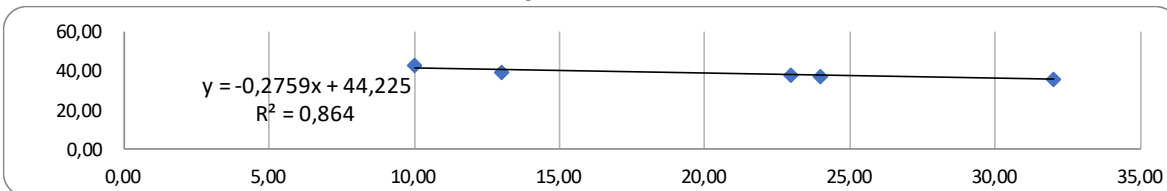
Persona beneficiada - Ubicación	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	Textura
Alexander Carvajal Barquero - Llano Grande	54,4	27,1	18,5	FRANCO ARENOSO
Asdrúbal Madrigal Robles - Tierra Blanca	44,6	27,5	27,9	FRANCO ARCILLOSO
Benedict	69,0	23,5	7,5	FRANCO ARENOSO
Carlos Angulo Brenes - Tierra Blanca	37,7	31,0	31,4	FRANCO ARCILLOSO
Carlos Varela López - Tierra Blanca	65,0	25,5	9,5	FRANCO ARENOSO
Daniel Ramirez Cordoba - Tierra Blanca	60,0	21,6	18,4	FRANCO ARENOSO
David Romero Robles - Corralillo	58,5	29,1	12,4	FRANCO ARENOSO
Erick Gómez Sánchez - Tierra Blanca	58,8	21,7	19,5	FRANCO ARENOSO
Geovanny Chacon Aguilar - Pacayas, Cervantes	50,8	28,1	21,0	FRANCO
Gerardo Tencio Cordero - Corralillo	50,1	18,3	32,3	FRANCO ARCILLO ARENOSO
Joaquin Guillen Fernandez - Pacayas, Cervantes	45,0	40,0	15,0	FRANCO
Luis Monge Guzman - Llano Grande	47,9	30,1	22,0	FRANCO
Manuel Ceciliano Navarro - Corralillo	31,4	34,0	34,6	FRANCO ARCILLOSO
Manuel Monge Quiros - Llano Grande	51,4	27,6	21,0	FRANCO ARICILLO ARENOSO
Marta Guillen Solano - Pacayas	47,5	36,5	16,0	FRANCO
Mauricio Víquez Gómez - Tierra Blanca	64,0	20,5	15,5	FRANCO ARENOSO
Omar Sanchez Ulloa - Pacayas, San Pablo	51,5	42,3	6,2	FRANCO ARENOSO
Ramon Gonzalez Guzman - Llano Grande	54,4	26,1	19,5	FRANCO ARENOSO
Roberto Zuñiga Chacon - Llano Grande	58,9	24,6	16,5	FRANCO ARENOSO
Vianney Rivera Sanchez - Tierra Blanca	37,8	27,3	34,9	FRANCO ARCILLOSO
Walter Garita Monge - Tierra Blanca	47,3	23,7	29,0	FRANCO ARCILLO ARENOSO
William Fernández - Llano Grande	66,3	27,3	6,4	FRANCO ARENOSO

Cuadro A2-2. Valores de Límites Plásticos de las parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0
(Datos incluyen variabilidad porcentual)

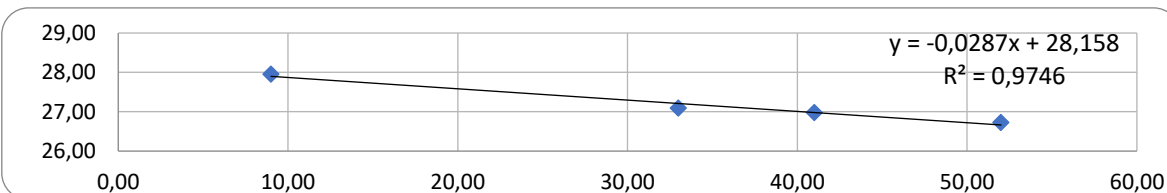
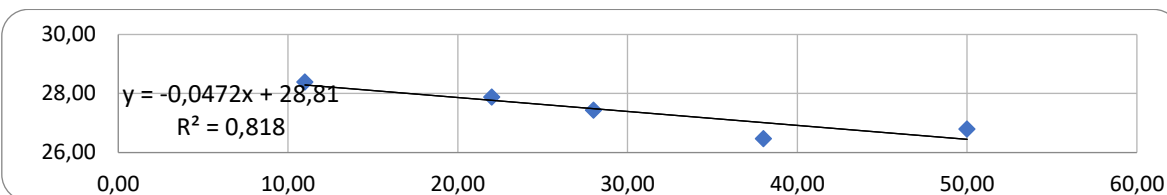
Persona beneficiada - Ubicación	LPS Límite Superior (%)	LPI Límite inferior (%)
Alexander Carvajal Barquero - Llano Grande	37.05 ± 0.18	29.74 ± 0.69
Asdrúbal Madrigal Robles - Tierra Blanca	38.45 ± 1.58	24.57 ± 1.36
Benedict	26.94 ± 0.57	25.36 ± 1.03
Carlos Angulo Brenes - Tierra Blanca	46.28 ± 3.03	30.5 ± 3.13
Carlos Varela López - Tierra Blanca	79.13 ± 1.05	61.58 ± 1.59
Daniel Ramirez Cordoba - Tierra Blanca	27.53 ± 0.13	24.1 ± 2.41
David Romero Robles - Corralillo	73.66 ± 0.11	60.86 ± 2.04
Erick Gómez Sánchez - Tierra Blanca	41.91 ± 2.51	24.64 ± 0.69
Geovanny Chacon Aguilar - Pacayas, Cervantes	63.56 ± 1.47	50.99 ± 1.9
Gerardo Tencio Cordero - Corralillo	41.69 ± 0.9	27.37 ± 1.36
Joaquin Guillen Fernandez - Pacayas, Cervantes	68.83 ± 2.14	48.84 ± 1.46
Luis Monge Guzman - Llano Grande	38.81 ± 2.99	23.8 ± 0.66
Manuel Ceciliano Navarro - Corralillo	53.70 ± 4.65	34.65 ± 1
Manuel Monge Quiros - Llano Grande	37.87 ± 1.26	25.49 ± 0.84
Marta Guillen Solano - Pacayas	78.84 ± 5.09	68.43 ± 1.62
Mauricio Viquez Gómez - Tierra Blanca	30.48 ± 0.61	23.38 ± 0.88
Omar Sanchez Ulloa - Pacayas, San Pablo	46.78 ± 0.71	42.30 ± 1.22
Ramon Gonzalez Guzman - Llano Grande	37.82 ± 0.13	27.04 ± 1.22
Roberto Zuñiga Chacon - Llano Grande	39.89 ± 0.93	27.27 ± 0.8
Vianney Rivera Sanchez - Tierra Blanca	45.41 ± 1.17	23.12 ± 0.59
Walter Garita Monge - Tierra Blanca	36.42 ± 2.95	22.48 ± 1.21
William Fernández - Llano Grande	36.14 ± 0.95	32.33 ± 1.34

Gráficos del comportamiento de los Límites Plásticos en las parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0
El nombre de la persona beneficiada esta en la parte superior de la figura

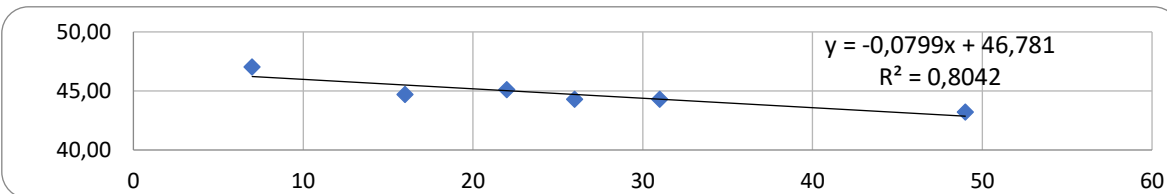
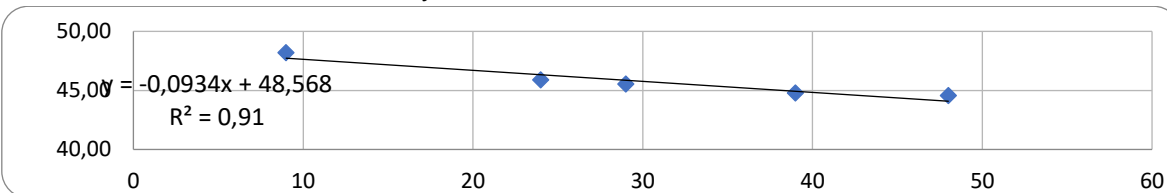
Asdrúbal Madrigal Robles - Tierra Blanca



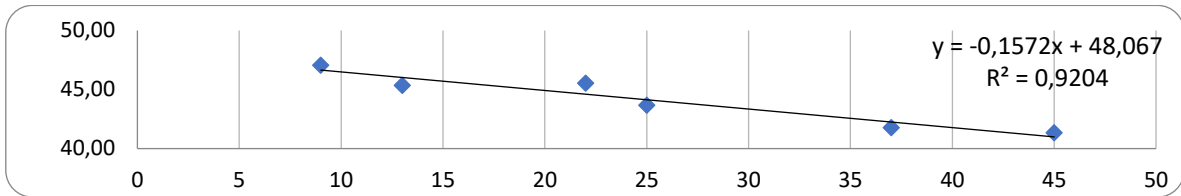
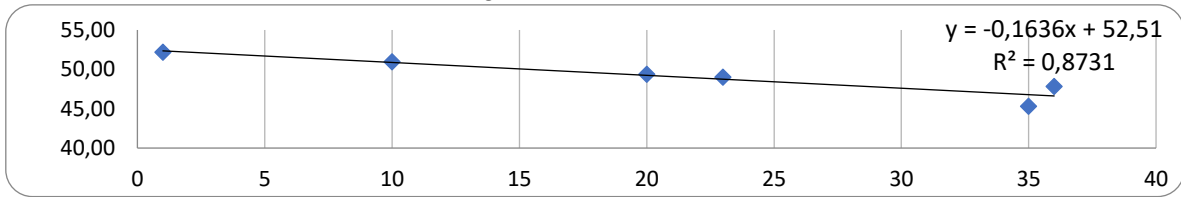
Daniel Ramirez Cordoba - Tierra Blanca



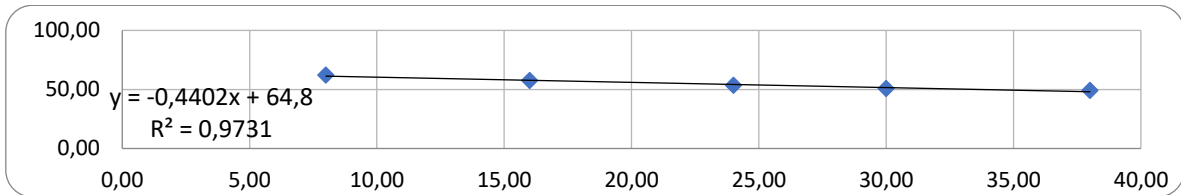
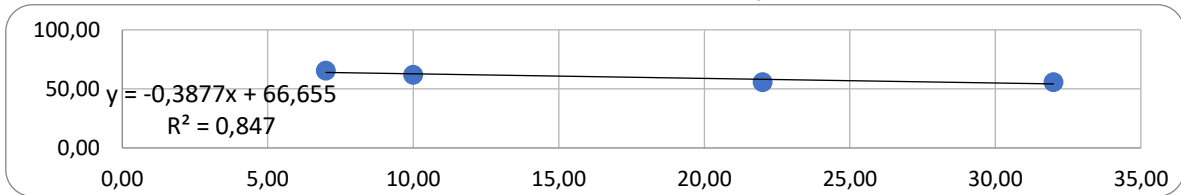
Vianney Rivera Sanchez - Tierra Blanca



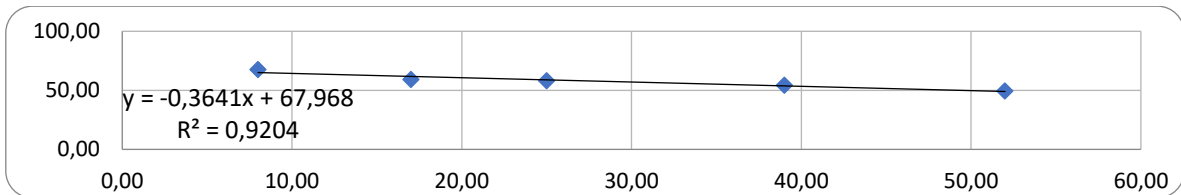
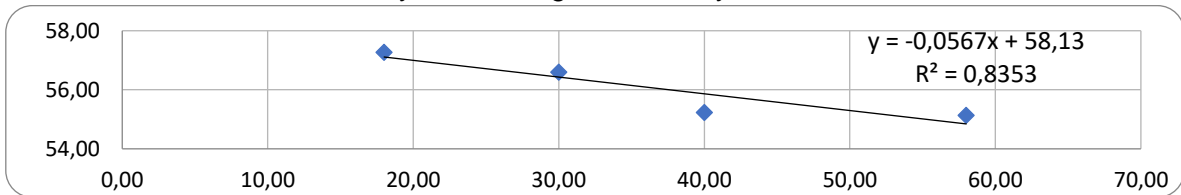
Carlos Angulo Brenes - Tierra Blanca



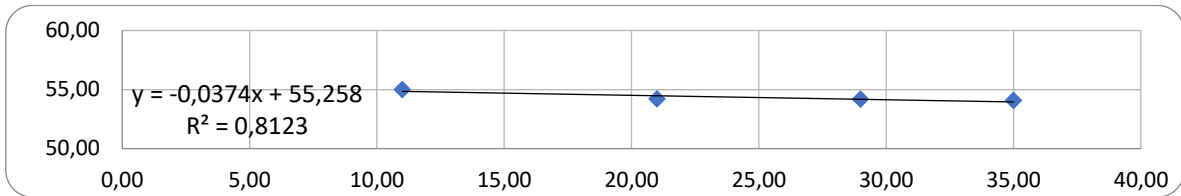
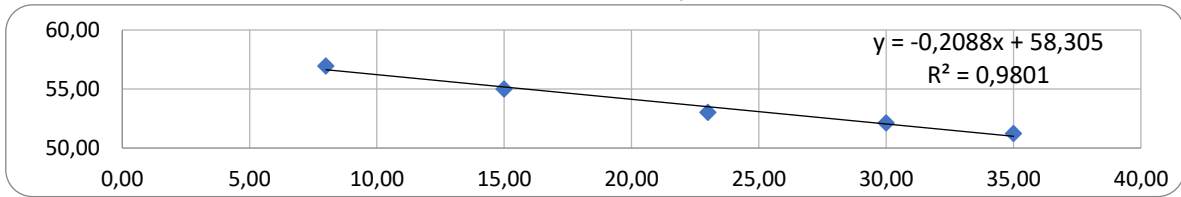
Marta Guillen Solano - Pacayas



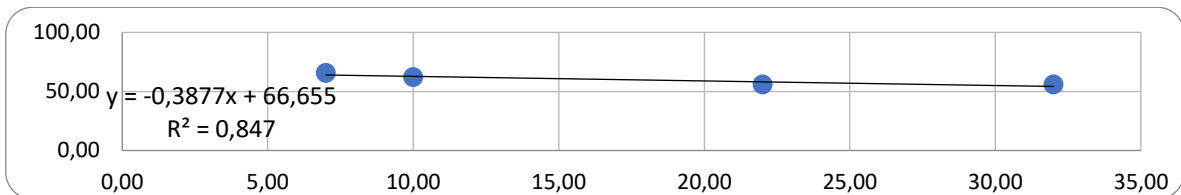
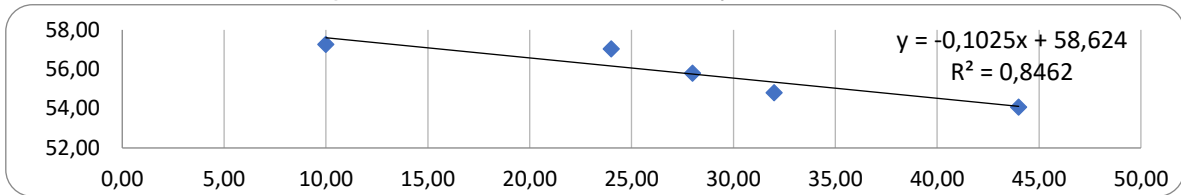
Geovanny Chacon Aguilar - Pacayas, Cervantes



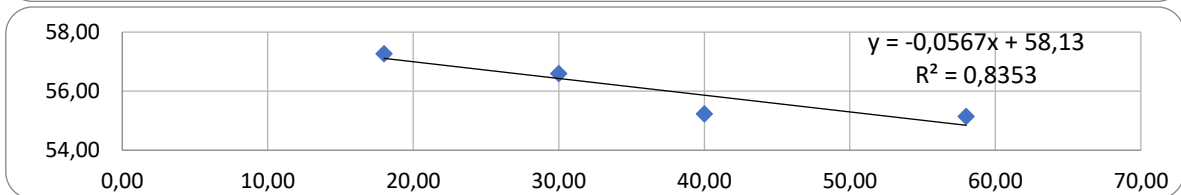
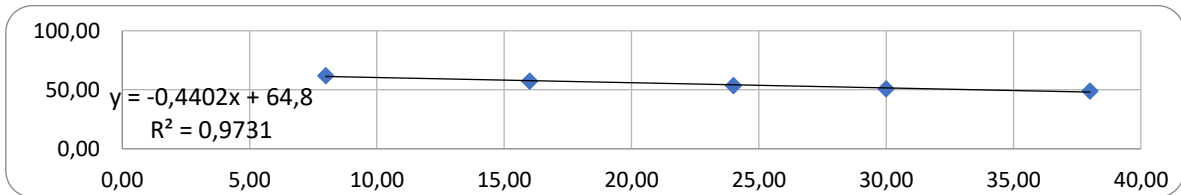
Omar Sanchez Ulloa - Pacayas, San Pablo



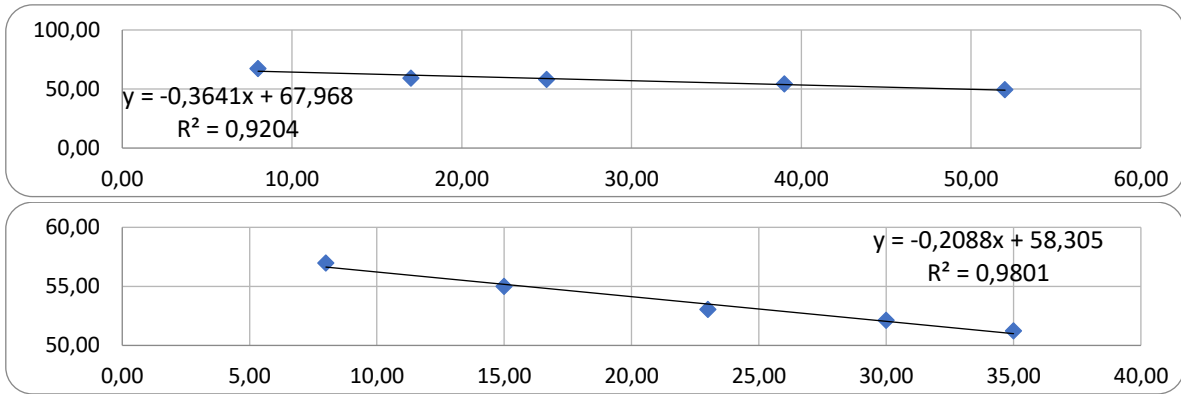
Joaquin Guillen Fernandez - Pacayas, Cervantes



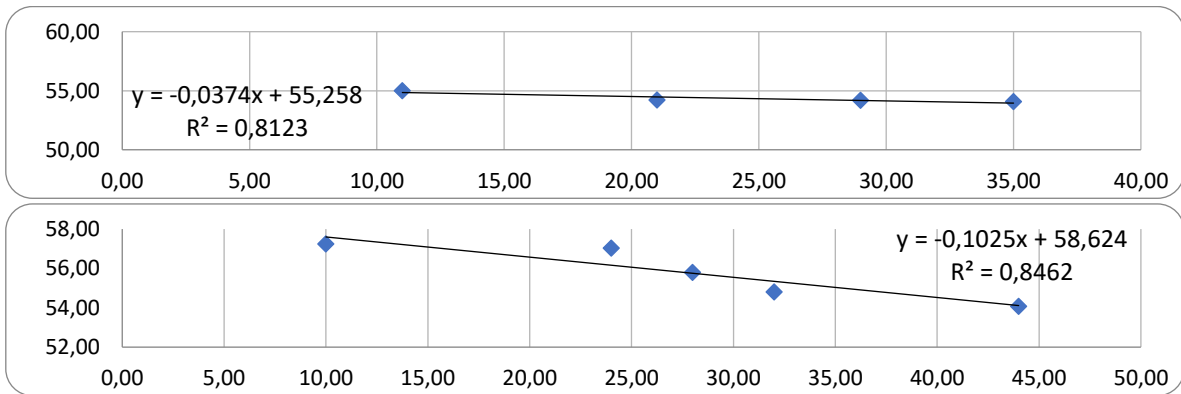
Manuel Ceciliano Navarro – Corralillo



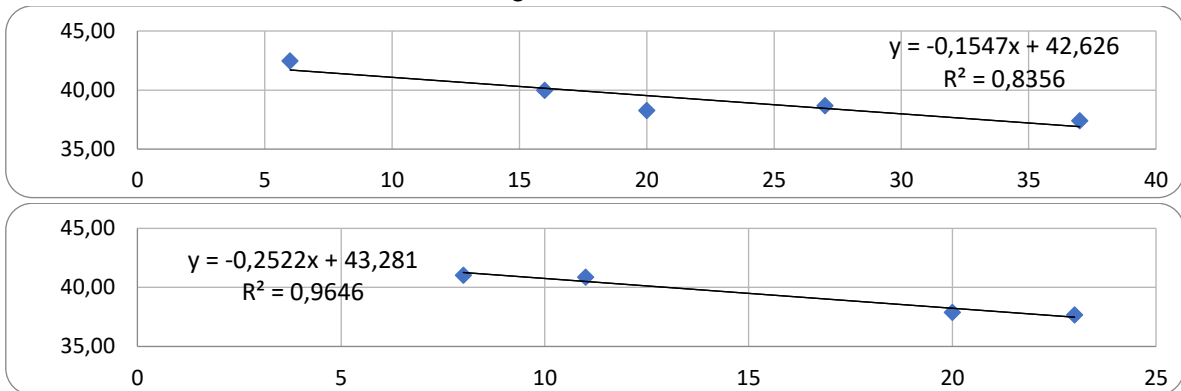
Gerardo Tencio Cordero - Corralillo



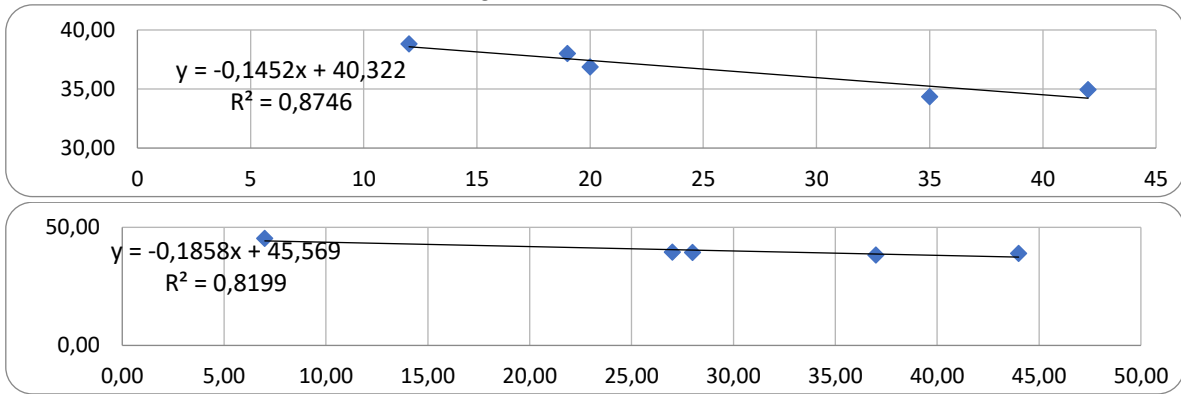
David Romero Robles – Corralillo



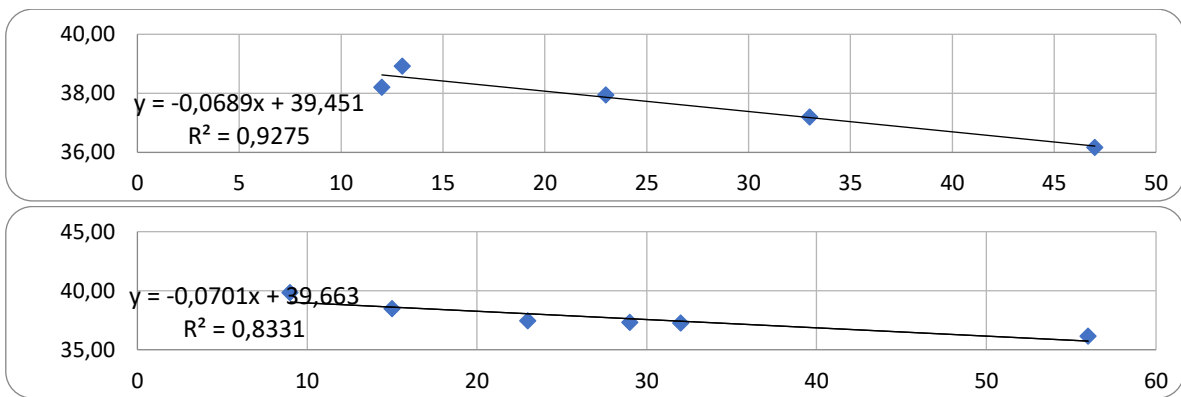
Manuel Monge Quiros - Llano Grande



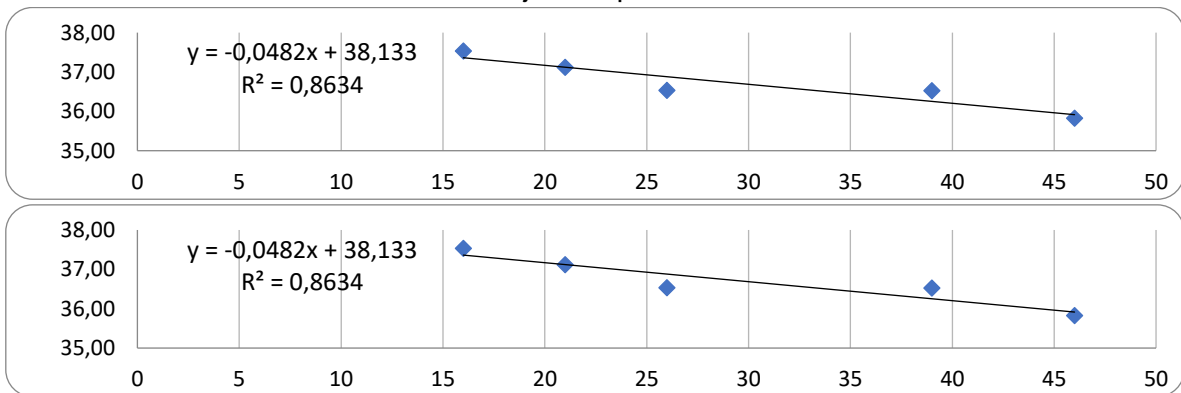
Luis Monge Guzman - Llano Grande



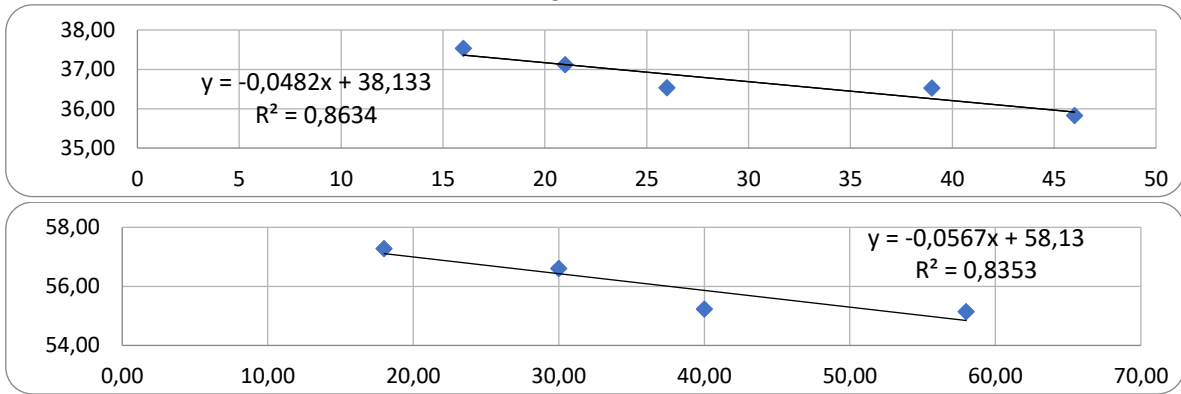
Ramon Gonzalez Guzman - Llano Grande



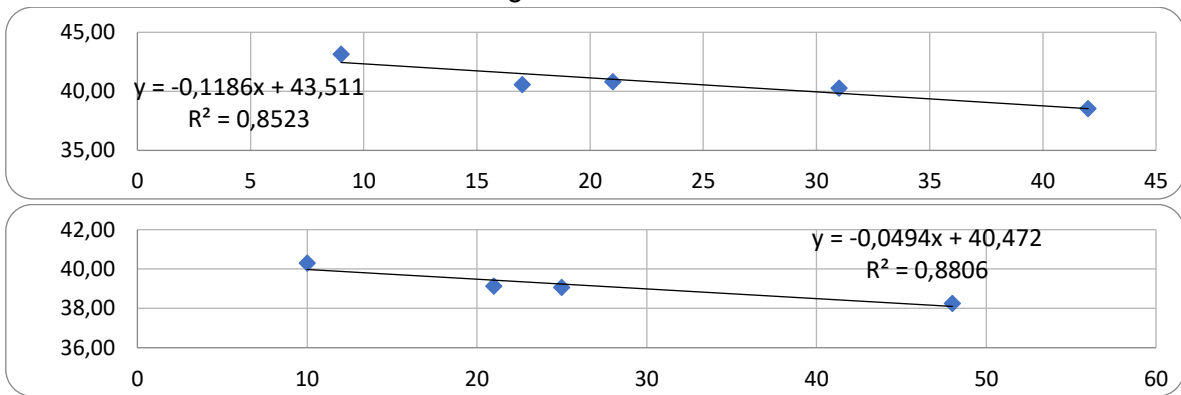
Alexander Carvajal Barquero - Llano Grande



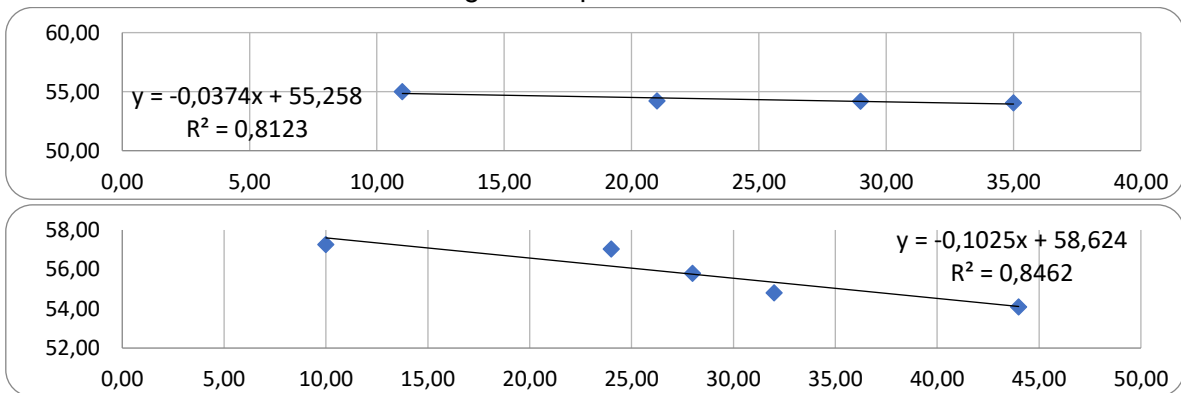
Pilar Quiros Aguilar - Llano Grande



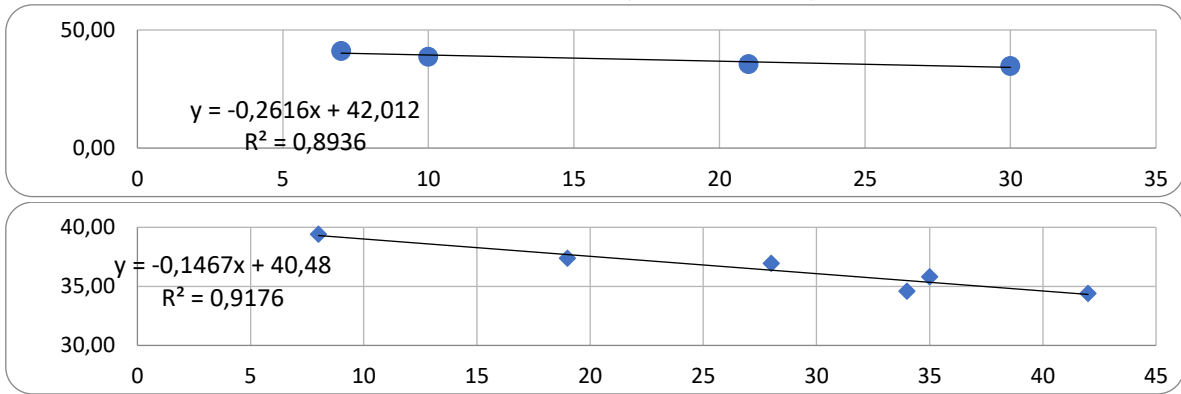
Roberto Zuñiga Chacon - Llano Grande



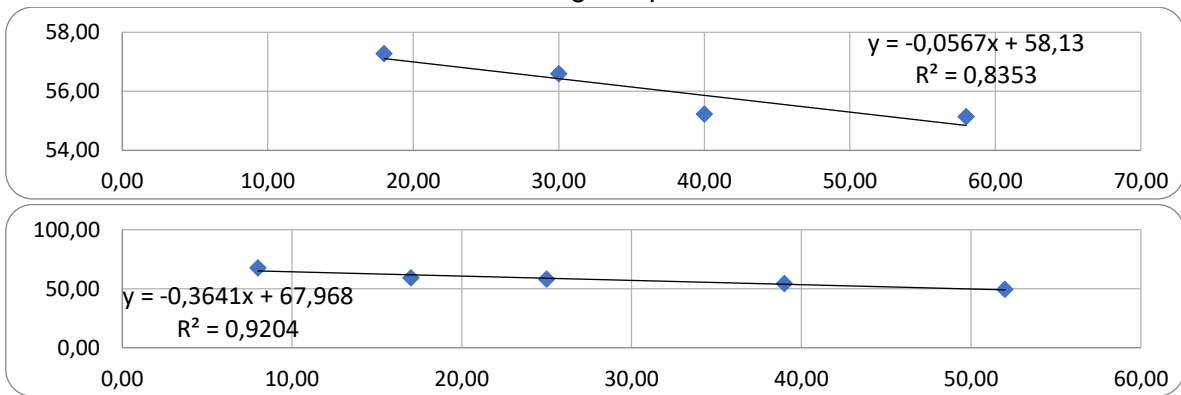
Álvaro Aguilar Viquez - Llano Grande



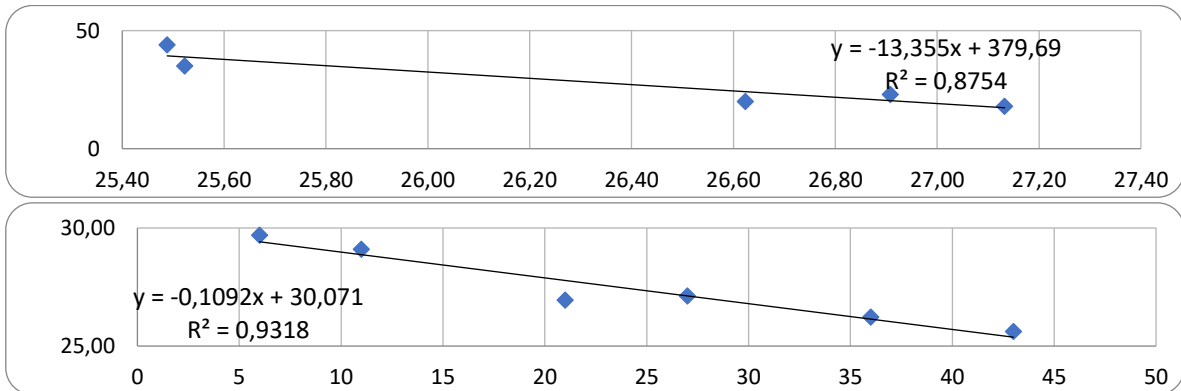
William Fernández (Llano Grande)



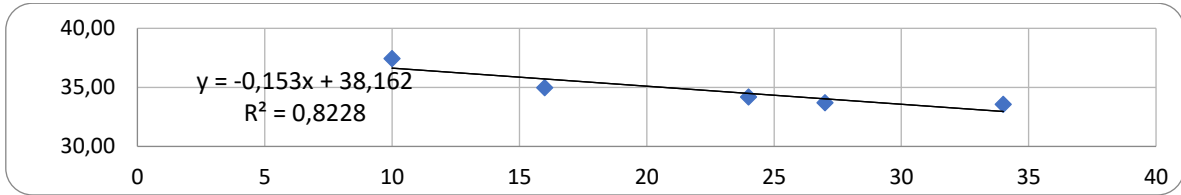
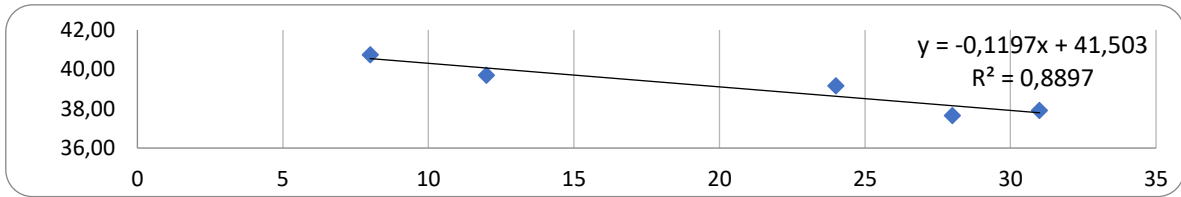
Santiago Víquez



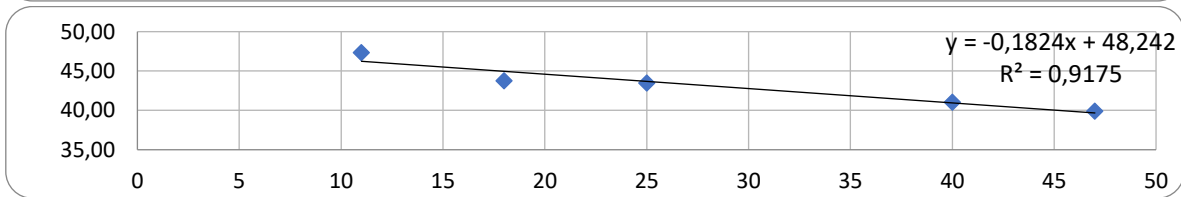
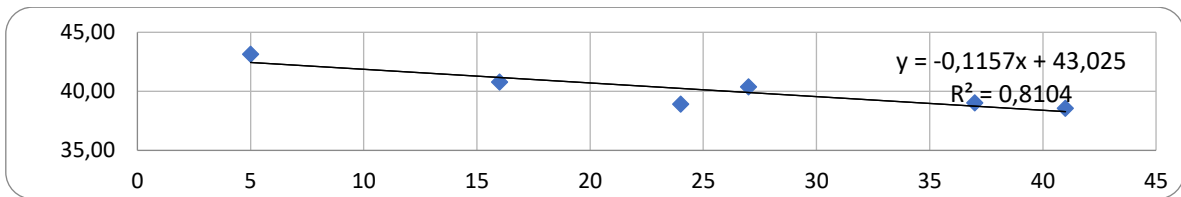
Benedict



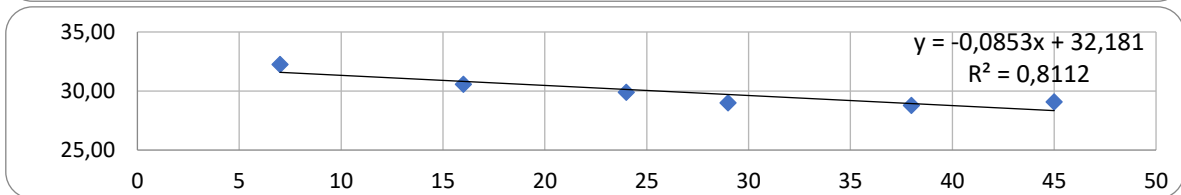
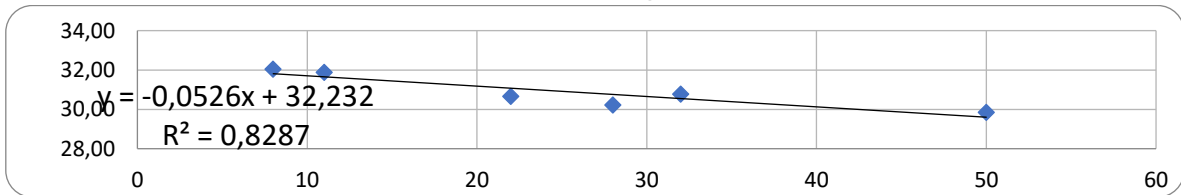
Walter Garita



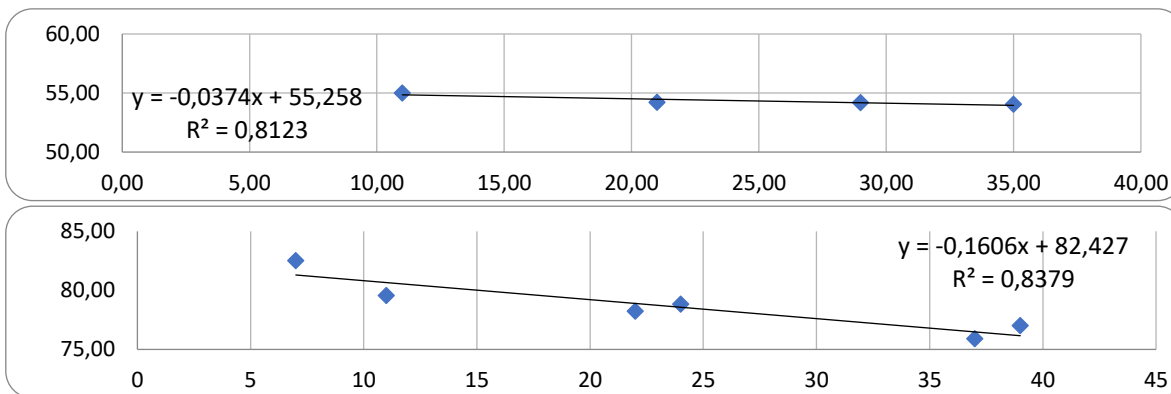
Erick Gómez



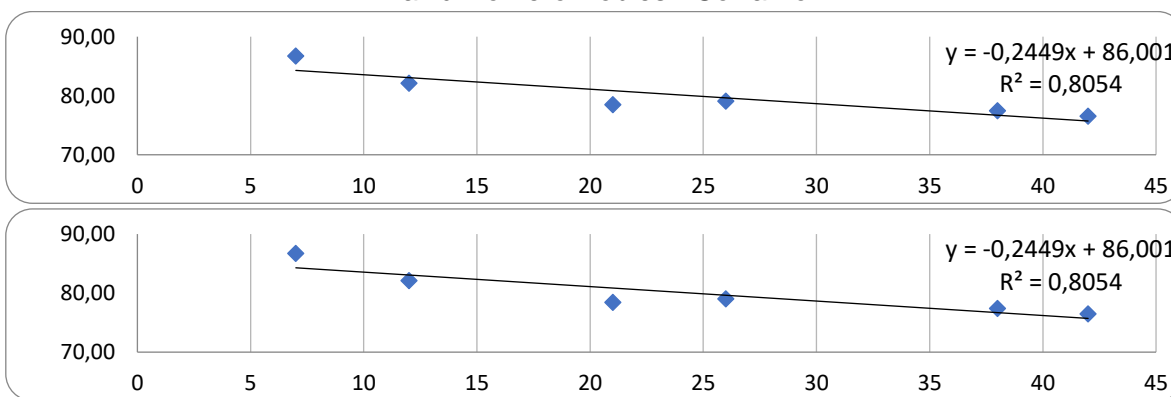
Mauricio Víquez



Carlos Varela



David Romero Robles - Corralillo



Cuadro A2-3. Valores de Densidad Aparente y Conductividad Hidráulica de cada muestra de las parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0

Persona beneficiada - Ubicación	Cilindro No.	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Conductividad Hidráulica (cm d ⁻¹)
Alexander Carvajal Barquero - Llano Grande	C6-05	0,89	518.05 ± 11.29
	C4-16	1,02	382.18 ± 4.9
	C5-14	1,21	No detectable
Asdrubal Madrigal Robles - Tierra Blanca	10	1,32	No detectable
Benedict	202	1,18	110.01 ± 2.12
	206	1,25	95.83 ± 4.02
Carlos Angulo Brenes - Tierra Blanca	C3-06	1,14	No detectable
Carlos Varela López - Tierra Blanca	C2-07	0,54	603.01 ± 5.65
	C1-07	0,55	379.73 ± 2.82
Daniel Ramirez Cordoba - Tierra Blanca	C6-08	1,38	11.19 ± 0.51
David Romero Robles - Corralillo	C4-19	0,81	135.27 ± 2.82
	C4-05	0,74	127.12 ± 0
	C2-16	0,86	20.53 ± 0.98
	C1-14	0,65	7.66 ± 0.28
	X17	0,96	No detectable
Erick Gómez Sánchez - Tierra Blanca	C1-01	1,30	50.69 ± 0.28
	C4-12	1,26	241.2 ± 2.82
Geovanny Chacon Aguilar - Pacayas, Cervantes	C5-01	0,82	8.64 ± 0.28
	C3-14	0,85	44.61 ± 1.41
	C4-13	0,95	44 ± 0
	22	1,03	1.68 ± 0.09
	4	0,83	1.63 ± 0
Gerardo Tencio Cordero - Corralillo	C5-02	1,10	7.74 ± 0.14
	X19	1,34	No detectable
	C3-14	1,31	No detectable
	22	1,39	No detectable
	C6-16	1,27	No detectable
	12	1,46	No detectable
Joaquin Guillen Fernandez - Pacayas, Cervantes	C4-08	0,71	204.37 ± 4.09
	C5-01	0,69	395.05 ± 5.36
	7	0,77	109.4 ± 1.22

Cuadro A2-3 (Continuación). Valores de Densidad Aparente y Conductividad Hidráulica de cada muestra de las parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0

Persona beneficiada - Ubicación	Cilindro No.	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Conductividad Hidráulica (cm d ⁻¹)
Luis Monge Guzman - Llano Grande	C5-18	1,14	516.44 ± 5.66
	9	1,16	59.4 ± 2.38
Manuel Ceciliano Navarro - Corralillo	C6-01	1,07	53.78 ± 0
	4	1,11	59.49 ± 1.41
	C4-13	1,14	No detectable
	C6-03	1,14	5.16 ± 0.09
Manuel Monge Quiros - Llano Grande	C7-02	1,17	15.39 ± 0
	C4-20	1,15	32.13 ± 1.54
Marta Guillen Solano - Pacayas	C2-22	0,75	60.81 ± 1.17
	C2-01	0,68	10.1 ± 0.28
	C5-24	0,63	251.8 ± 2.82
	C6-11	0,67	28.72 ± 0.47
	208	0,64	119.79 ± 2
Mauricio Víquez Gómez - Tierra Blanca	C1-24	1,24	77.41 ± 1.41
	C2-10	1,31	45.09 ± 0.47
Omar Sanchez Ulloa - Pacayas, San Pablo	C2-12	0,72	266.46 ± 2.82
	C4-19	0,75	57.45 ± 1.41
	C6-21	0,71	285.21 ± 2.82
	C2-20	0,59	64.78 ± 1.41
	C1-14	0,78	10.92 ± 0.28
Ramon Gonzalez Guzman - Llano Grande	C3-01	1,29	No detectable
	C6-13	1,24	10.68 ± 0
Roberto Zuñiga Chacon - Llano Grande	C5-23	0,98	202.36 ± 9.89
Vianney Rivera Sanchez - Tierra Blanca	C3-01	1,09	27.29 ± 1.41
Walter Garita Monge - Tierra Blanca	C3-06	1,24	4.02 ± 0.09
	C1-05	1,27	57.04 ± 1.41
William Fernández - Llano Grande	302-22	1,05	32.1 ± 0.56

Apéndice 3.
Riego y Fertirriego.

[\(Regreso al documento\)](#)

Cuadro A3-1 Valores de Porcentaje de Humedad a Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, % de Agua Útil, Densidad Aparente, Lámina neta y Tiempo de riego de cada muestra de las parcelas de personas beneficiadas por AGRINNOVACIÓN 4.0

Persona beneficiada - Ubicación	CC*	PMP*	% Agua útil	Densidad aparente g cm⁻³	Lámina neta (mm)	Tiempo de Riego (min)
Asdrubal Madrigal Robles - Tierra Blanca	34	24	10	1,32	40,38	33
Daniel Ramirez Cordoba - Tierra Blanca	26	17	9	1,38	36,00	29
Carlos Angulo Brenes - Tierra Blanca	73	47	26	1,14	87,46	70
Marta Guillen Solano - Pacayas	75	45	30	0,67	60,99	49
Geovanny Chacon Aguilar - Pacayas	51	38	14	0,90	37,03	30
Omar Sanchez Ulloa - Pacayas, San Pablo	63	30	33	0,71	71,01	57
Joaquin Guillen Fernandez - Pacayas	75	42	34	0,72	73,13	59
Manuel Ceciliano Navarro - Corralillo	40	33	6	1,12	21,12	17
Gerardo Tencio Cordero - Corralillo	27	23	4	1,31	15,04	13
David Romero Robles - Corralillo	90	55	35	0,80	84,42	68
Manuel Monge Quiros - Llano Grande	37	29	8	1,16	28,48	23
Luis Monge Guzman - Llano Grande	36	22	14	1,15	47,18	38
Ramon Gonzalez Guzman - Llano Grande	28	21	6	1,50	28,68	23
Alexander Carvajal Barquero - Llano Grande	43	27	17	1,04	52,00	42
Pilar Quiros Aguilar - Llano Grande	48	17	31	1,10	101,21	81
Roberto Zuñiga Chacon - Llano Grande	41	22	19	0,98	56,66	46
Álvaro Aguilar Viquez - Llano Grande	31	17	14	1,40	59,74	48

* El porcentaje de humedad del suelo a Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) fueron proporcionados por el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la UCR.

N° Era de siembra	Posición (Largo de cinta de prueba)	Muestreador	Presión de la salida de la bomba (psi)	T inicial de medicion a partir del inicio del bombeo	T final de toma de volumen por muestra	Tiempo de ingreso del fertilizante al sistema	Tiempo de llegada del agua al último gotero desde el inicio del bombeo	Tiempo de cierre del sistema de bombeo	Conductividad electrica (ppm)	Conductividad electrica (dS)	Volumen (ml)	Tiempo (s)	Q (L/H)	Q teórico (L/h)	% Variación
1	0 m	Mario	30	00:05:25	00:05:40	00:02:00	00:02:35	00:10:30	524	817,44	8	15	1,92	2,10	8,57
1	0 m	Mario	30	00:06:15	00:10:35	00:02:00	00:02:35	00:10:30	907	1414,92	99	260	1,37	2,10	34,73
1	0 m	Mario	30	00:11:09	00:12:10	00:02:00	00:02:35	00:10:30	291	453,96	30	61	1,77	2,10	15,69
1	22,5 m	Yorjani	30	00:05:25	00:05:40	00:02:00	00:02:35	00:10:30	631	984,36	7	15	1,68	2,10	20,00
1	22,5 m	Yorjani	30	00:06:15	00:10:35	00:02:00	00:02:35	00:10:30	1220	1903,2	99	260	1,37	2,10	34,73
1	22,5 m	Yorjani	30	00:11:09	00:12:10	00:02:00	00:02:35	00:10:30	193	301,08	18	61	1,06	2,10	49,41
1	46 m	Milton	30	00:05:25	00:05:40	00:02:00	00:02:35	00:10:30	150	234	8	15	1,92	2,10	8,57
1	46 m	Milton	30	00:06:15	00:10:35	00:02:00	00:02:35	00:10:30	296	461,76	91	260	1,26	2,10	40,00
1	46 m	Milton	30	00:11:09	00:12:10	00:02:00	00:02:35	00:10:30	175	273	7	61	0,41	2,10	80,33
14	0 m	Mario	30	00:01:51	00:02:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	1590	2480,4	21	60	1,26	2,10	40,00
14	0 m	Mario	30	00:02:51	00:03:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	1200	1872	27	60	1,62	2,10	22,86
14	0 m	Mario	30	00:03:51	00:04:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	1780	2776,8	29	60	1,74	2,10	17,14
14	0 m	Mario	30	00:04:51	00:05:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	434	677,04	25	60	1,50	2,10	28,57
14	24,5 m	Yorjani	30	00:01:51	00:02:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	321	500,76	24	60	1,44	2,10	31,43
14	24,5 m	Yorjani	30	00:02:51	00:03:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	802	1251,12	27	60	1,62	2,10	22,86
14	24,5 m	Yorjani	30	00:03:51	00:04:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	1750	2730	29	60	1,74	2,10	17,14
14	24,5 m	Yorjani	30	00:04:51	00:05:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	1880	2932,8	28	60	1,68	2,10	20,00
14	47 m	Milton	30	00:01:51	00:02:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	306	477,36	nd	60	#iVALOR!	2,10	#iVALOR!
14	47 m	Milton	30	00:02:51	00:03:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	286	446,16	nd	60	#iVALOR!	2,10	#iVALOR!
14	47 m	Milton	30	00:03:51	00:04:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	345	538,2	30	60	1,80	2,10	14,29
14	47 m	Milton	30	00:04:51	00:05:51	00:01:45	00:01:25	00:05:51	369	575,64	31	60	1,86	2,10	11,43
21	0 m	Mario	30	00:02:55	00:03:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	211	329,16	9	20	1,62	2,10	22,86
21	0 m	Mario	30	00:03:55	00:04:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	1700	2652	9	20	1,62	2,10	22,86
21	0 m	Mario	30	00:04:50	00:05:10	00:02:00	00:00:30	00:05:40	1050	1638	11	20	1,98	2,10	5,71
21	0 m	Mario	30	00:05:40	00:06:00	00:02:00	00:00:30	00:05:40	361	563,16	9	20	1,62	2,10	22,86
21	24,5 m	Yorjani	30	00:02:55	00:03:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	nd	#iVALOR!	nd	20	#iVALOR!	2,10	#iVALOR!
21	24,5 m	Yorjani	30	00:03:55	00:04:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	209	326,04	10	20	1,80	2,10	14,29
21	24,5 m	Yorjani	30	00:04:50	00:05:10	00:02:00	00:00:30	00:05:40	152	237,12	9	20	1,62	2,10	22,86
21	24,5 m	Yorjani	30	00:05:40	00:06:00	00:02:00	00:00:30	00:05:40	1240	1934,4	11	20	1,98	2,10	5,71
21	47 m	Milton	30	00:02:55	00:03:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	nd	#iVALOR!	nd	20	#iVALOR!	2,10	#iVALOR!
21	47 m	Milton	30	00:03:55	00:04:15	00:02:00	00:00:30	00:05:40	309	482,04	10	20	1,80	2,10	14,29
21	47 m	Milton	30	00:04:50	00:05:10	00:02:00	00:00:30	00:05:40	306	477,36	8	20	1,44	2,10	31,43
21	47 m	Milton	30	00:05:40	00:06:00	00:02:00	00:00:30	00:05:40	193	301,08	9	20	1,62	2,10	22,86

Figura A3-1. Ejemplo de hoja electrónica de cálculo usada para el cálculo de la variabilidad en la inyección de fertilizantes para la calibración de sistemas de fertirriego

Fotografías de sistemas de riego





Fotografías de calibraciones de sistemas de inyección de fertirriego











Apéndice 4.
Cuadro comparativo para la selección de sensores
y dispositivos tecnológicos.

[\(Regreso al documento\)](#)

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Alcance y cobertura de comunicación de la red de transmisión de datos IoT	<ul style="list-style-type: none"> • 200 a 300 m, dependiendo de interferencia con objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Datalogger EVVOS contiene módulo de telecomunicaciones. • La comunicación es inalámbrica por red SIGFOX (banda libre). • Red SIGFOX con antenas de comunicación instaladas hasta a 20Km de la finca en línea recta y en condiciones topográficas adecuadas. • Red SIGFOX con repetidoras de red para situaciones particulares generadas por la topografía. • Para cada finca se evaluará la cobertura SIGFOX y se realizará la modificación necesaria para la conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H depende de la red WIFI, de alcance limitado. Lo expuesto denota que será usada para transmitir los datos de sensores, pero falta en el diseño el proceso de comunicación que permita el desarrollo de Internet de las Cosas (IoT) • La oferta de A-S, se refiere a la comunicación entre cada uno de los invernaderos con la conexión global del sistema con el servidor.
Transmisión de datos IoT en el caso de ausencia de energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores funcionan con baterías de hasta 3 años de duración. • El GW opera con una fuente solar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dataloggers y sensores no requieren energía eléctrica externa. • El datalogger funciona con batería interna recargable que tiene una vida útil promedio de 5 años (en condiciones de uso normal). • Panel solar que permite autonomía total al mantener la batería cargada permanentemente. • El datalogger es el que brinda la energía necesaria para el funcionamiento de los sensores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambas ofertas presentan equipos que operan sin conexión eléctrica haciendo uso de baterías y paneles solares. • Los sensores ofrecidos por H requieren fuente de energía con batería. • Los sensores ofrecidos por A-S usan la energía que les da el datalogger, que a su vez cuenta con una batería recargable por el panel solar, ofreciendo una ventaja de autonomía permanente.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Capacidad de conectividad que tiene el sistema de red y capacidad de crecimiento a fin de aumentar la escala en el volumen de mensajes y cobertura	<ul style="list-style-type: none"> Hasta 100 sensores por GW. 	<ul style="list-style-type: none"> Paypload de envío de información es de máximo 12 bytes. No se requiere ningún ajuste en la red para poder conectar más sensores y dataloggers. La cobertura de la red SIGFOX está en constante expansión para cubrir cada vez más áreas. Al requerirse que no tenga cobertura, se instalará el equipo de red necesario para resolver la cobertura. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, implica que se deben adquirir mayor número de dispositivos GW al escalar el proyecto. La oferta de A-S, Posibilita escalar rápidamente la cantidad de sensores y dataloggers sin necesidad de ajuste de la red.
Seguridad del sistema de transmisión de datos ante un intento deliberado de acceso no-autorizado a los datos o un intento de interferencia en su transmisión.	<ul style="list-style-type: none"> Sensores: seguridad encriptada. Intercambio de claves 256 BITS y AES -128CTR Para GW: La seguridad del enrutador. 	<ul style="list-style-type: none"> Ventana de tiempo para envío de datos del datalogger de 346 milisegundos. 	<ul style="list-style-type: none"> La seguridad encriptada de los sensores ofrecidos por H es la más alta en ese tipo de diseño. La seguridad de transmisión de datos desde el GW depende de la seguridad del router, lo que implicará el uso de sistemas adicionales de seguridad que le permitan operar de forma segura, lo cual no se contempla en la oferta. El diseño bloquea accesos no autorizados, ya que deben hacerse en menos de 346 milisegundos, lo que requeriría un equipo muy adelantado. Se cuenta con la ventaja adicional de que al ser la ventana de tiempo tan corta, no es posible realizar interferencia (jamming)

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Mecanismo de transmisión del sistema de sensores IoT de los datos captados en tiempo real a los servidores del Ministerio de Agricultura (MAG).	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible en la nube para descarga o visualización. • Se habilitan cuentas de usuarios con diferentes niveles de seguridad (programación y/o visualización). 	<ul style="list-style-type: none"> • El datalogger Evvos recibe los datos de los sensores IoT y los procesa (protocolo SDI-12). • Una vez recibido y procesado el paquete de datos (payload), el mismo es enviado a la red SIGFOX LPWAN que envía los datos al repositorio definido por el MAG. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H carece de un mecanismo claro de transmisión de datos a un servidor determinado. • La oferta de A-S establece un procedimiento completo de transmisión de datos desde el datalogger hasta el servidor.
Proceso de decodificación de datos de paquetes de comunicación recibidos de los dataloggers y preparación para ser almacenados en los servidores del MAG.	<ul style="list-style-type: none"> • La descarga de datos se realiza en formato CSV y se puede almacenar en los servidores del MAG cuando así lo deseen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes de datos recibidos con tamaño de 12 bytes el cual es almacenado en los servidores del MAG para su posterior procesamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, ofrece archivos con extensión CSV (valores separados por comas), desarrollados para la recolección de datos columnares, separados por comas, para facilidad de edición en hojas de cálculo, muy común para la recolección de datos de dispositivos, pero no para protocolos IoT.
Tipo de red de transmisión de datos IoT.	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores: Método FREQUENCY-HOPPING SPREAD SPECTRUM • GW: Enrutador de red 	<ul style="list-style-type: none"> • Red de transmisión de datos: red francesa SIFGOX (0G) de banda ultra angosta. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, establece como medio de transmisión de los datos desde los sensores el FHSS, que persigue compartir bandas de frecuencia con muchos tipos de transmisiones convencionales con mínima interferencia, y banda angosta no compatible con los protocolos IoT. • El traslado de datos a la nube es por medio de router, también poco compatible con la filosofía del IoT. • En su oferta, A-S asegura afiliación con el operador local en Costa Rica de la Red SIGFOX, encargándose de aspectos de despliegue y cobertura de red para garantizar una transmisión continua de datos.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
<p>Porcentaje de tiempo activo que tiene el sistema de red de transmisión de datos IoT</p>	<ul style="list-style-type: none"> El sistema se mantiene en reposo y se activa automáticamente periódicamente según la programación de transmisión de datos de sensores al GW, o cuando se sobre pase algún límite en los valores de registro de los sensores. 	<ul style="list-style-type: none"> 99.99% de uptime. Si no se pueden enviar datos, se guardan datos en la memoria interna, y al reconectarse se envían los datos necesarios. De acuerdo al número de secuencia asignado a cada payload. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, depende de la actividad de un router WiFi, que no puede funcionar sin energía, su disponibilidad depende de la sí hay energía eléctrica de 110v que alimente el router, esto es especialmente inconveniente porque sí se apaga se interrumpe el flujo de datos a la red Internet y no se asegura la existencia de algún protocolo para no perder el registro histórico del dato no enviado. La oferta de A-S al estar vinculada a la red SIGFOX está disponible todo el tiempo porque la transmisión de los sensores no depende de una red conectada a la electricidad. Los sensores cuentan con un diseño que permite almacenar los datos aún en el caso de baja probabilidad que hubiese problemas en la transmisión de la señal para enviar los datos en memoria cuando el sistema estabilice.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Procesos de respaldo con los datos recolectados de los sensores en tiempo real		<ul style="list-style-type: none"> • Los datos recibidos en los servidores en la nube son decodificados a partir del payload recibido. • Se almacenan en crudo y en un servicio de base de datos especializado en series de tiempo. • Estos datos y bases de datos son respaldados diariamente en 2 procesos separados de respaldo corporativo. • Los respaldos se almacenan en dispositivos de red de uso exclusivo para respaldos. • Uno de estos dispositivos funciona offline (se conecta a recolectar respaldo y se desconecta). • El otro está online en todo momento. • Adicionalmente, se realizan respaldo cruzados de la información hacia otro DataCenter ubicado a más de 7Km de distancia de la ubicación inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta de procesos de respaldo con los datos recolectados de los sensores en tiempo real. • La oferta de A-S establece un proceso, incluso de duplicación del respaldo.
Ancho de banda requerido para poder transmitir los paquetes de datos de los sensores en tiempo real		<ul style="list-style-type: none"> • Ancho total de banda de la red SIGFOX LPWAN: 192 khz. • Permite transmitir millones de paquetes de datos cuyo ancho individual de banda es de 600 hz. • Los paquetes de 12 bytes son transmitidos en una ventana espacial de 346 mili-segundos, sin afectación a nivel de saturación de red. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta del ancho de banda requerido para poder transmitir los paquetes de datos de los sensores en tiempo real. • La oferta de A-S establece los valores de ancho total de red, de gran capacidad y ventanas especiales para transmisión de datos.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
<p>Elementos físicos y lógicos para apoyar la función de encendido y apagado de las válvulas solenoides y la bomba de agua con electricidad en el proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La activación de los solenoides se realiza mediante la acción de un controlador. • Basado en programación de la hora de inicio, duración y frecuencia de cada orden de riego. • El controlador es hermético para ser instalado dentro del invernadero sin verse afectado por la humedad. • Funciona con baterías y la programación se realiza mediante una aplicación sin costo que estará en el dispositivo móvil del productor. • El sistema de bombeo funciona en conjunto con un sistema hidroneumático que activa y desactiva la operación según los valores de la presión predeterminados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque hidroneumático para mantener presión constante. • El Sistema envía la señal de encendido a las válvulas solenoides, utilizando la capacidad de downlink (envío de datos al datalogger y sensores por la red SIGFOX). • El envío de la activación lógica se decide a nivel del sistema en la nube de acuerdo con los datos enviados por los sensores. • La señal lógica activa a un dispositivo eléctrico de 24 voltios que a su vez activa la válvula solenoide (envío de pulso eléctrico). 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, describe como elemento físico para el encendido y apagado de válvulas un controlador o temporizador, con opción de programación remota desde una aplicación a teléfono móvil, que no permite activación lógica en función de los datos de los sensores en tiempo real. • La oferta A-S, establece un elemento que permite la activación de las válvulas solenoides a partir de decisiones establecidas en función de las medidas de los sensores.

<p>Elementos físicos y lógicos para apoyar la función de encendido y apagado de las válvulas solenoides y la bomba de agua sin electricidad en el proyecto.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo con los datos que son registrados por los sensores en tiempo real, el Sistema IoT envía la señal de activación al teléfono celular del productor, utilizando conexión a internet del celular. • El productor debe apersonarse al sitio para abrir la llave respectiva y encender la bomba de combustión interna para activar el sistema de riego. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta de elementos físicos y lógicos para apoyar la función de encendido y apagado de las válvulas solenoides y la bomba de agua sin electricidad en el proyecto. • La oferta A-S, establece una solución que combina los datos recopilados con sensores con la acción manual de encendido.
--	--	---	--

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Tiempo de funcionamiento de los sensores con una carga de batería	<ul style="list-style-type: none"> • La carga de batería de los sensores puede durar hasta 3 años 	<ul style="list-style-type: none"> • El datalogger alimenta de energía a los sensores. • La batería del datalogger es recargable y tiene una vida útil promedio de 5 años. • Cuenta con un panel solar que permite mantener cargada la batería permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los sensores ofrecidos por H requieren fuente de energía con batería. • Los sensores ofrecidos por A-S usan la energía que les da el datalogger, que a su vez cuenta con una batería recargable por el panel solar, ofreciendo una ventaja de autonomía permanente.
Eficiencia energética del sistema de sensorización de riego, clima y sustratos		<ul style="list-style-type: none"> • El diseño de la red SIGFOX, sus protocolos de comunicación, y el tamaño de la ventana de transmisión de datos, generan un bajo consumo de energía. • Los datalogger y sensores con capacidad de comunicación SIGFOX permiten reducir al mínimo problemas generados por carga de baterías y comunicación por redes tradicionales (2G,3G,4G, etc.) • La batería recargable que se utiliza en el datalogger es de 3.68V y permite el funcionamiento ininterrumpido 5 años. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de la eficiencia energética del sistema de sensorización de riego, clima y sustratos. • La oferta A-S, por su apoyo en la red SIGFOX presenta un consumo muy bajo de energía, con pocas probabilidades de problemas de comunicación.
Proceso de activación de sensores instalados en el invernadero.	Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • Programación GW • Instalación GW • Programación del GW en el Software • Instalación de sensores • Añadir sensores mediante el software • Programación de límites y alarmas • Programación de usuarios y correos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los sensores de recolección de datos no requieren proceso de activación al estar conectados al datalogger están continuamente recolectando datos. • La válvula solenoide es la que requiere activación y se activa al recibir el pulso eléctrico de la señal que emite el sistema eléctrico conectado a la red SIGFOX. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta H, establece un proceso secuencial de activación de sensores. • Los sensores de la oferta A-S, se activan al ser conectados con el datalogger.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Capacidad de transmisión de datos en tiempo real de los sensores solicitados para el proyecto con o sin corriente eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> De sensores al GW: De forma periódica desde un minuto en adelante. Del GW a la nube: De forma periódica cada 5 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> Flujo continuo de datos que se envían en las distintas ventanas de uplink que activa el datalogger en la red SIGFOX. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H establece una transmisión de datos secuenciada en espacios de tiempos definidos. La oferta A-S, establece un flujo continuo de datos.
Tamaño en bytes de los datos recolectados enviados por los sensores	<ul style="list-style-type: none"> 1 MBps 	<ul style="list-style-type: none"> Payload codificado con los datos de los sensores: 12 bytes. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H establece un tamaño de datos recolectados muy amplio. La oferta A-S, establece datos codificados de muy bajo tamaño.
Frecuencia (# de veces por día) de envío de los paquetes de datos recolectados en campo en tiempo real.		<ul style="list-style-type: none"> 140 mensajes diarios 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de la Frecuencia (# de veces por día) de envío de los paquetes de datos recolectados en campo en tiempo real.
Sistema de respaldo temporal de los datos de sensorización de sustrato, clima y suelo en caso de que la red de transmisión no esté disponible.	<ul style="list-style-type: none"> Los sensores almacenan entre 2000 y 4000 lecturas. El GW almacena hasta 30 000 mensajes. 	<ul style="list-style-type: none"> Los payloads que no se pueden enviar por alguna situación externa de la red, se almacenan en la memoria interna del datalogger con el número de secuencia respectivo. Al reconectarse automáticamente a la red, los mensajes se envían en el orden de secuencia en que fueron registrados. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H establece un sistema de respaldo temporal basado en el número de lecturas realizadas. La oferta A-S establece un sistema de recopilación de datos parcial y envío inmediato de datos al reiniciarse la red.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
<p>Proceso de activación de sensores (basado en datos) en tiempo real que utilizará en el proyecto. De no usar un sistema basado en datos en tiempo real explicar alternativa para activación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se recibe una alarma vía correo, según la programación de los límites de humedad, para realizar la activación mediante la aplicación móvil. • La comunicación entre la aplicación y el controlador es vía Bluetooth, el productor se debe hacer presente al invernadero. • El sentido lógico del riego nos permite establecer una programación de riego diaria o semanal, partiendo de los registros históricos. • La alarma nos permite detectar anomalías en el funcionamiento del sistema de riego y por ende siempre será necesario la presencia en sitio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas IoT generan algoritmos de toma de decisión basados en datos en tiempo real que le permitan al agricultor tomar decisiones basadas en el comportamiento dinámico de los elementos naturales del ecosistema (tipo de sustrato, temperatura de sustrato, variables climáticas del invernadero y otros). • En proyectos que no cuenten con electricidad la apertura de las llaves de los conductos de riego se hará de forma manual pero apoyada en los datos recibidos en tiempo real en la aplicación telefónica destinada para dicho efecto que esta también basada en los datos históricos recolectados en campo durante el ciclo productivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema para activación de riego ofrecido por H, parece establecer una activación semi manual basada en Bluetooth para arranque del controlador, en combinación con datos reales, que no refleja un protocolo IoT. • La oferta de A-S, considera el manejo de los diversos datos para la creación de algoritmos como punto de partida de decisión para la automatización de los sistemas de riego. Sólo se considera una opción semi manual en caso de que no se cuente con electricidad para el uso de válvulas solenoides o bombas eléctricas.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Sistema IoT para envío y recepción de datos de las variables sensadas del sistema de riego en tiempo real.		<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de riego cuenta con sensores o monitores de presión y de caudal, ambos IoT. • Cuando el sistema de riego se activa, estos registros se acumulan en el respectivo datalogger y son enviados en las respectivas ventanas de uplink hacia el sistema en la nube. • Estos registros permitirán monitorear los volúmenes de agua consumidos en cada uno de los sectores durante un evento de riego. • Las láminas de agua aplicadas en cada uno de los referidos eventos de riego serán calculadas constantemente a partir de los datos enviados por el datalogger IoT, en forma automática, mediante el programa de cálculos desarrollado por ADDAX. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca del sistema IoT para envío y recepción de datos de las variables sensadas del sistema de riego en tiempo real.
Sistema IoT que utilizará para enviar y recibir datos de las variables sensadas del sustrato en tiempo real.		<ul style="list-style-type: none"> • El sistema IoT transmite constantemente la información registrada por los sensores de humedad, conductividad eléctrica y temperatura del sustrato, con la cual se activa el sistema de riego. • En forma automática a través de impulso de 24 V directo a las válvulas solenoides cuando se dispone de electricidad en el sitio. • Indicación al teléfono del productor para que ese se apersona a su finca, cuando no se dispone de electricidad en el sitio. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca del sistema IoT para envío y recepción de datos de las variables sensadas del sustrato en tiempo real.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Sistema IoT para envío de datos de las variables climáticas del invernadero en tiempo real.		<ul style="list-style-type: none"> El sistema de sensores IoT envía datos en tiempo real a través de la red SIGFOX descrita, relacionadas con humedad relativa y temperatura dentro del Invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, no respondió a la consulta acerca del sistema IoT para envío y recepción de datos de las variables climáticas del invernadero en tiempo real.
Sistema IoT que se utilizará para activar las válvulas solenoides en tiempo real para proyectos con electricidad.		<ul style="list-style-type: none"> El sistema IoT activa dispositivos con un pulso eléctrico enviado a través de la red Sigfox basado en la información recolectada y procesada en el campo, que permita ofrecer una ventana de activación muy precisa para procesos de riego, fertilización y otros. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, no respondió a la consulta acerca del sistema IoT que se utilizará para activar las válvulas solenoides en tiempo real para proyectos con electricidad.
Características de la plataforma de teléfono inteligente que se usará para informar cuándo abrir las válvulas solenoides de forma manual y por cuánto tiempo cuando no se dispone de electricidad.		<ul style="list-style-type: none"> La apertura de las válvulas de riego se hará de forma manual pero apoyada en los datos recibidos en tiempo real en la aplicación telefónica destinada para dicho efecto, basada en los datos históricos recolectados en campo durante el ciclo productivo. Dicha aplicación tiene una interfaz visual diseñada por especialistas en diseño y comunicación de plataformas visuales que informen cuándo se deben abrir y cerrar las válvulas de forma manual y cuando encender y apagar la bomba de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de las características de la plataforma de teléfono inteligente que se usará para informar cuándo abrir las válvulas solenoides de forma manual y por cuánto tiempo cuando no se dispone de electricidad.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
<p>Sistema IoT que utilizará para activar (basado en datos) las bombas eléctricas de agua en tiempo real para proyectos con electricidad.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de riego estará dotado de tanque hidroneumático que mantiene a la tubería con presión constante. • A nivel lógico el Sistema envía la señal de encendido a las válvulas solenoides, utilizando la capacidad de downlink (envío de datos al datalogger y sensores por la red SIGFOX). • El envío de la activación lógica se toma de acuerdo con los datos enviados por los sensores. • Con esto, al abrirse las válvulas solenoides, y registrarse una disminución de la presión en las tuberías, automáticamente se enciende la bomba. • Se apagará, también automáticamente, al reponerse la presión en la tubería de PVC. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de Sistema IoT que utilizará para activar (basado en datos) las bombas eléctricas de agua en tiempo real para proyectos con electricidad.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
Características de la plataforma de teléfono inteligente que se usará para encender la bomba de agua de forma manual y por cuánto tiempo.		<ul style="list-style-type: none"> • En los casos en que no se disponga de electricidad, el sistema de sensores de humedad del sustrato, temperatura y otros, enviarán una señal de alerta al teléfono del productor, mediante una App desarrollada por ADDAX. • Con esta alerta, el productor deberá apersonarse a su finca y abrir la válvula manualmente, así como activar la bomba de combustión interna, durante un período de riego o tiempo de riego que le será determinado durante las pruebas de calibración del sistema de riego. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de las características de la plataforma de teléfono inteligente que se usará para encender la bomba de agua de forma manual y por cuánto tiempo.
Costos asociados de transmisión de datos. Plazos contemplados.		<ul style="list-style-type: none"> • Todos costos asociados a la transmisión de datos y su almacenamiento están contemplados en el precio ofertado del proyecto para un período de 12 meses 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de los costos asociados de transmisión de datos, así como la de los plazos contemplados.

Consulta	HIDROPLANT (H)	ADDAX – SEMILLAS PARA EL FUTURO (A-S)	Observaciones
<p>Costos asociados a la transmisión de datos de los dataloggers y de los sensores de sustrato, clima y riego. Plazos contemplados y empresa sería la encargada de manejar la red de transmisión IoT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El costo anual del uso del software para la programación, visualización y descarga es de 75 dólares, y está cubierto por el primer año de uso. • El uso del servicio de RED está cubierto por el primer año 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos costos asociados a la transmisión de datos de los sensores y dataloggers y su respectivo almacenamiento están contemplados en el precio ofertado para un período de 12 meses. • Cualquier situación que se presente con la red de transmisión IoT puede gestionarse directamente con ADDAX, ya que nosotros somos partners activos del representante de SIGFOX en Costa Rica, y estamos debidamente capacitados para resolver las distintas situaciones que se presenten. 	
<p>Costos asociados al diseño e implementación de plataformas de datos. Plazos contemplados, empresa encargada de diseñar e implementar las plataformas de datos.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Se incluyen 12 meses de uso de la plataforma de consulta de • datos crudos de ADDAX. • Se incluyen 12 meses de uso del modelo de toma de decisión para activado de los sistemas de riego basado en datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La oferta de H, no respondió a la consulta acerca de los costos asociados al diseño e implementación de plataformas de datos, así como de Plazos contemplados y empresa encargada de diseñar e implementar las plataformas de datos.

Apéndice 5.
Sensores Agrícolas.

[\(Regreso al documento\)](#)

Tecnología Agrícola utilizada como alternativa en el proyecto AGRINNOVACIÓN 4.0
(Proporcionados por COMCURE)



Sensor de succión de humedad del suelo (Kpa)
Watermark Soil Moisture Sensor®



Sensor de contenido de humedad del suelo (%HV)
WaterScout SM100 Soil Moisture Sensor®



Miniestación de acumulación de información de sensores
Waterscout 1000 Series Micro Stations®



Transportador para recolección de datos de miniestación
WatchDog 2000 Data Shuttle®



Cable de USB a conector estéreo de 3,5 mm
USB to 3.5mm Stereo Plug Cable®



Software SpecWare 9®

Instalación y uso en campo de sensores alternativos en el proyecto AGRINNOVACIÓN 4.0 (Proporcionados por COMCURE)



Fotos de supervisión de instalación de Sensores de Suelo inicialmente contratados





Apéndice 6.
Capacitación y Transferencia Tecnológica.

[\(Regreso al documento\)](#)

Programa de Capacitación Final (Ejecutado por Empresas proveedoras, supervisado por universidades públicas y el INA)

Modulo	Tema	Sub tema	Fecha original	Fecha en que se impartió	
Sistemas de riego a precisión localizado para cultivos a campo abierto y en agricultura protegida.	1. Fertirriego	Determinar el tipo de suelo y la cantidad de agua requerida por un cultivo según método y tablas establecidas.	1 de agosto	1 de agosto	
		Medir la eficiencia y el coeficiente de uniformidad de un sistema de riego por goteo de acuerdo a parámetros técnicos.	4 de agosto	4 de agosto	
		2.3 Caracterización del medio de cultivo: Sustrato vs suelo, Tipos de sustratos.	25 de octubre	8 de agosto	
		Muestrear el suelo para su análisis de acuerdo a los requerimientos del cultivo	16 de agosto	11 de agosto	
		2.1 Analizar los elementos requeridos para la implementación de un sistema de riego a baja presión.	29 de agosto	16 de agosto	
		2.2. Determinar los factores edáficos e hídricos que intervienen en el riego a partir de mediciones del terreno.	1 de setiembre	16 de agosto	
		Identificar los nutrientes requeridos para el desarrollo de un cultivo, considerando la interacción entre etapas del cultivo y su absorción.	8 de agosto	17 de agosto	
		Preparar una solución conforme a las necesidades de un cultivo	17 de agosto	18 de agosto	
		Medir las propiedades de una solución nutritiva utilizando instrumentos.	11 de agosto	22 de agosto	
		Aplicar fertilizante en el sistema de riego según la cantidad de solución nutritiva y parámetros establecidos.	18 de agosto	23 de agosto	
		Describir el mantenimiento de un sistema de riego con inyección de fertilizante de acuerdo a parámetros técnicos	22 de agosto	24 de agosto	
		Instalar un equipo de inyección de fertilizante en un sistema de riego según especificaciones técnicas.	25 de agosto	DÍA DE CAMPO	
		2. Riego a baja presión	MES DE AGOSTO Y SETIEMBRE		FECHA ORIGINAL
		2.3. Calcular el requerimiento hídrico del cultivo de acuerdo con los factores climáticos que intervienen	5 de setiembre	29 de agosto	
		2.4. Identificar las características del cultivo según su etapa fenológica que intervienen en el riego.	6 de setiembre	1 de setiembre	
		2.5. Calcular las pérdidas de presión en la tubería de riego de acuerdo a lo estipulado.	8 de setiembre	5 de setiembre	
		2.6. Describir los elementos componentes de acuerdo al tipo de sistema de riego a baja presión.	12 de setiembre	8 de setiembre	
		2.7. Instalar las unidades básicas de un sistema de filtrado considerando los requerimientos técnicos del sistema de riego.	14 de setiembre	12 de setiembre	
		2.8. Describir los dispositivos de medición de humedad y de regulación para el control del riego que son más utilizados.	19 de setiembre	19 de setiembre	
	2.10. Medir la eficiencia de un sistema de riego a baja presión utilizando el coeficiente de uniformidad.	22 de setiembre	22 de setiembre		
	2.9. Instalar un sistema de riego a baja presión con base en criterios técnicos y datos del fabricante.	26 de setiembre	26 de setiembre		
	3.1. Definir ambiente protegido para la producción agrícola, señalando las ventajas e inconvenientes, y su importancia en comparación con la producción a cielo abierto.	29 de setiembre	29 de setiembre		
	3.2. Describir los diferentes tipos de estructuras utilizados en la producción agrícola en ambientes protegidos, usados de acuerdo a nuestras condiciones climáticas, de manejo y presupuesto.	3 y 6 de octubre	3 y 6 de octubre		
	3.3. Describir los tipos de estructuras y sus características, de acuerdo a los materiales empleados, tomando en cuenta la disponibilidad y durabilidad de los mismos en la zona.	10 de octubre	10 de octubre		
	3.4. Identificar los diferentes tipos de materiales usados para cerramiento en las estructuras para la producción agrícola en ambientes protegidos.	11 de octubre	11 de octubre		
	3.5. Seleccionar el sistema de riego y sus elementos, con el uso de manuales técnicos de riego, para realizar un uso eficiente del agua dentro del ambiente protegido	13 de octubre	13 de octubre		
	3.6. Instalar el sistema de riego, y fertirriego, calibrando y programando los equipos, para realizar un uso eficiente del agua dentro del invernadero.	17 de octubre	17 de octubre		

Fotografías del Día de Campo para Extensionistas del MAG Región Central Oriental



Fotografías de capacitación en Agricultura Digital a agentes del Servicio Fitosanitario del Estado







MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SERVICIO FITOSANITARIO DEL ESTADO

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SERVICIO FITOSANITARIO DEL ESTADO

LISTA DE ASISTENCIA
Taller teórico práctico en agricultura de precisión con un enfoque en medidas de control en fitoprotección
29 de agosto de 2024

Persona funcionaria	Cédula	Firma
Álvarez Montoya Henry	204750319	Henry A. Alvarez H.
Arrieta Vargas Jorge Isaac	302810296	[Firma]
Barrantes Ramírez Ronny	701690273	[Firma]
Calvo Alfaro Carlos Luis	113550405	[Firma]
Cedeño Álvarez Evelyn	304830523	[Firma]
Elizondo Herrera Marilyn	112110442	[Firma]
Gómez Aguilar José Rodolfo	303650344	[Firma]
Gómez Ruiz Mauren Liseth	206450371	[Firma]
Herrera Jara Fabian Alonso	112730838	[Firma]
López Núñez Elvis Steven	114980887	[Firma]
Matamoros Rojas Dennis	205460939	[Firma]

Méndez Espinoza Francisco	602259910	[Firma]
Montiel Segura Marco Antonio	109300640	[Firma]
Myrte Hart Karl	700930480	[Firma]
Peña Coto Luis Bernardo	302540387	[Firma]
Rivera Céspedes Marcela Victoria	304230160	[Firma]
Rojas Blanco Luis Felipe	702010609	[Firma]
Solis Acosta Daniel Fabricio	208570564	[Firma]
Torres Murillo Luciano	108210432	[Firma]
Vargas Badilla José Antonio	304530209	[Firma]
Vargas Franco Yanci Gabriela	503830628	[Firma]

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SERVICIO FITOSANITARIO DEL ESTADO

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
SERVICIO FITOSANITARIO DEL ESTADO

LISTA DE ASISTENCIA
Taller teórico práctico en agricultura de precisión con un enfoque en medidas de control en fitoprotección
30 de agosto de 2024

Persona funcionaria	Cédula	Firma
Álvarez Montoya Henry	204750319	Henry Alvarez H.
Arrieta Vargas Jorge Isaac	302810296	[Firma]
Barrantes Ramírez Ronny	701690273	[Firma]
Calvo Alfaro Carlos Luis	113550405	[Firma]
Cedeño Álvarez Evelyn	304830523	[Firma]
Elizondo Herrera Marilyn	112110442	[Firma]
Gómez Aguilar José Rodolfo	303650344	[Firma]
Gómez Ruiz Mauren Liseth	206450371	[Firma]
Herrera Jara Fabian Alonso	112730838	[Firma]
López Núñez Elvis Steven	114980887	[Firma]
Matamoros Rojas Dennis	205460939	[Firma]

Méndez Espinoza Francisco	602259910	[Firma]
Montiel Segura Marco Antonio	109300640	[Firma]
Myrte Hart Karl	700930480	[Firma]
Peña Coto Luis Bernardo	302540387	[Firma]
Rivera Céspedes Marcela Victoria	304230160	[Firma]
Rojas Blanco Luis Felipe	702010609	[Firma]
Solis Acosta Daniel Fabricio	208570564	[Firma]
Torres Murillo Luciano	108210432	[Firma]
Vargas Badilla José Antonio	304530209	[Firma]
Vargas Franco Yanci Gabriela	503830628	[Firma]