

Componente de innovación tecnológica sistema de alerta temprana agrometeorológica para cultivo de mango en el Valle de los Incas – Región Piura, Perú

Autores: Aranibar Seminario, Mercedes Zoraida*; Romero Chavez, Raúl Raymundo

Contacto: *zory.as.20@gmail.com

País: Perú

Resumen

Piura es una región ubicada al norte del Perú con desarrollo productivo agrícola y pesquero. Es la quinta economía del país y por estar ubicada cerca del ecuador tiene características climáticas cálidas con una temperatura promedio anual de 31°C. Las variaciones climáticas anómalas impactan negativamente en estas dos actividades. En el contexto de Cambio Climático, el Gobierno Regional de Piura generó el proyecto “Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego del canal T-28, Valle de Los Incas, distrito de Tambo Grande, provincia de Piura, Región Piura” que incluye un componente de innovación tecnológica que consiste en la instalación del sistema de alerta temprana agrometeorológica (SAT) para prevenir a los 300 productores de mango del Valle de los Incas cuando la temperatura máxima en los meses de floración supere los 18°C, situación que los viene afectando periódicamente. Esta alerta se activa cuando el SAT demuestra con tres meses de anticipación la anomalía de la temperatura máxima por encima de los 18°C en los meses de junio y julio y permite avanzar en la producción mediante la técnica de inducción floral y maduración de la yema del mango. Esto permite una adecuada floración y cosecha en los meses que tienen mejor precio competitivo, lo que ocurre entre los meses de noviembre y diciembre, período en el que otros países productores no ofrecen al mercado internacional. De esta manera es posible mejorar la economía familiar de los productores de mango. Gracias a la cooperación internacional se ha logrado instalar el componente del SAT en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, el cual ha capacitado a los productores para que tengan los conocimientos adecuados para reaccionar cuando se emita la alerta. Actualmente, el sistema se encuentra en pruebas de calibración, validación y aplicación.

1. Introducción

Los productores de mango de exportación de variedad Kent del valle de los Incas localizado en el distrito de Tambogrande, región Piura viene afrontando problemas asociados al cambio climático referidos a las anomalías de las temperaturas en épocas de floración del mango, lo que perjudica a la productividad en un 40%, produciendo un retraso en la cosecha del producto hacia los meses de enero y febrero resultando una sobreproducción en el mercado internacional en un escenario de precios bajos por el contrario cuando normalmente ésta producción brota entre los meses de noviembre y diciembre hay mayores oportunidades de mercado y precios competitivos que permite al agricultor tener mayores ingresos económicos. A través de la Inversión pública desde el Gobierno Regional Piura se buscó una solución al problema formulando el proyecto “Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego del canal T-28 Valle de los Incas, distrito de Tambogrande, provincia de Piura, Región Piura” y dentro de ella obtener una solución basada en la investigación aplicada y desarrollo tecnológico a través de:

- Sistema de Alerta Agrometeorológica (componente de innovación): Los elementos del SAT son una estación agrometeorológica automática y el software para monitoreo, vigilancia y alerta permitiendo pronos-

ticar el clima de las temperaturas máxima y mínima (nivel promedio mensual) con tres meses de anticipación que coincida con la época de floración y maduración de brote del mango y comunicar la alerta temprana en función del peligro inminente cuando se produzca anomalías negativas o positivas de temperatura.

- Manejo Integrado de Mango Kent: Como piloto experimental se aplicó el método integral del manejo de cultivo que consiste en manejo de fertilidad de los suelos, manejo en sistemas de podas en el cultivo, manejo integrado de plagas y se incorporó la técnica de maduración de brote e inducción floral (elemento de innovación), que en conjunto al tener la alerta de temperatura anómala en la época de floración con un manejo integrado se alcanza un rendimiento 12 tn/ha. de calidad en la temporalidad oportuna por el contrario ante una inacción de manejo de cultivo se alcanzaba una producción de 6 tn/ha.

2. Recursos y métodos

2.1. Contexto general

La zona del Proyecto (valle de Los Incas) está localizada en la zona de la planicie costera del departamento de Piura, que se caracteriza por un clima tropical cálido y seco.

El régimen térmico en el valle está caracterizado por temperaturas relativamente altas. La temperatura media anual del valle es de 24.9 °C. El mes más cálido se registra en enero con una temperatura máxima media mensual de 34.8 °C, y el mes más frío en agosto con una temperatura mínima media mensual de 16.7 °C.

El sistema de riego del valle de los Incas irriga aproximadamente 896 has y tiene como beneficiarios directos a 300 agricultores, siendo los principales cultivos instalados el mango (45.4%) y el limón sutil (50.6%).

El mango de este valle tiene diversas variedades, de las cuales existen dos principales Kent que es de calidad de exportación y Edward que es para consumo local, el mango es un cultivo bandera de la región por el aporte económico que tiene al PBI regional, y en general el sector agrícola representa el 12% del valor agregado bruto del año 2021 de las actividades económicas de la región Piura (INEI, 2021).

La producción regional de mango en Piura es vendida al mercado internacional en cuatro principales presentaciones: frescos, en trozos, pulpa y puré.

La estacionalidad de la cosecha del cultivo son los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

TABLA 1. Análisis de las exportaciones de mango período 2012-2021

Valores	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Var.% 21/20
Mangos Frescos												
Millones FOB USD	95.6	121	120.23	161.6	163	141.4	199.7	202.7	215	249.8	129.9	16%
Miles de TN	84.4	120	107.33	117.72	141	131.6	171.3	174	198	212.8	114.8	8%
Precio FOB US\$ x Kg.	1.15	1.01	1.12	1.37	1.15	1.07	1.17	1.16	1.09	1.17	1.13	8%
Cantidad de empresas	118	142	136	163	189	202	184	186	183	189	144	3%
Cantidad de mercados	20	25	25	26	30	26	32	34	35	34	26	-3%
Cantidad de puertos	59	78	71	76	92	78	86	88	93	38	29	-59%
Cantidad de aduanas	5	5	4	4	4	6	7	6	6	6	6	0%
Mangos congelados												
Millones FOB USD	4.2	6.21	6.29	12.29	10.6	76.55	12.78	13.28	22.6	38.57	30.12	71%
Miles de TN	2.11	3.53	3.4	5.13	5.26	5.91	7.73	7.48	13.8	21.27	15.28	54%
Precio FOB US\$ x Kg.	1.99	1.76	1.85	2.4	2.02	12.95	1.65	1.77	1.63	1.81	1.97	11%
Cantidad de empresas	11	7	11	16	17	15	11	10	12	18	14	50%
Cantidad de mercados	9	5	9	11	18	13	16	15	16	20	18	25%
Cantidad de puertos	19	18	30	29	43	41	34	39	30	14	11	-53%
Cantidad de aduanas	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	3	0%

Fuente: Catálogo de Oferta Exportable de Piura, 2022.

FIGURA 1. Participación de los principales mercados de destino de mango fresco 2021 (FOB USD)



Fuente: Catálogo de Oferta Exportable de Piura, 2022.

Esta breve descripción permite comprender la importancia que tiene el cultivo como oferta exportable agrícola sin embargo este cultivo es sensible a las anomalías de las temperaturas, lo que conduce a prestar atención a los problemas que enfrenta el cultivo de: tipo climático, manejo de cultivo y de la cadena de comercialización que conlleva a los desafíos de innovación tecnológica para mejorar sus procesos principalmente a los valles productivos de mango donde están los pequeños agricultores, la etapa más sensible de la fenología del mango es la floración, a mayor cantidad de floración mayor frutos y cuando ocurre la

anomalía de las temperaturas atmosféricas se pierde un 40% de la campaña de mango y por lo tanto pérdida económica.

De manera cíclica existe un comportamiento alterado del clima que genera eventos tales como anomalías en las temperaturas que afecta a la fase fenológica de floración del mango y por encima de los 18°C en épocas de floración entre los meses de junio y julio.

2.2. Descripción de la organización

El Gobierno Regional Piura lideró este proyecto con su equipo profesional y tuvo colaboradores que por convenio apoyaron al desarrollo de los componentes específicos del proyecto, estos aliados estratégicos son: GIZ (Cooperación alemana) como cooperante del componente cambio climático, el Instituto Nacional de Innovación Agraria como colaborador del componente de manejo integrado de cultivo de mango Kent y el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología) a través del análisis de data de variabilidad climática que permitió se planteara el desarrollo del Sistema de alerta agrometeorológica.

2.3. Descripción del desafío que se pretende resolver

Los agricultores productores de mango del valle de Los Incas, venían presentando problemas de pérdida de la producción de mango de exportación cuando se presentaba anomalías en la temperatura en los meses de floración del mango entre junio y julio (>18°C), por lo que la floración se reducía en un 40% y los períodos de cosecha se retrasaban afectando las oportunidades de mercado internacional con precios competitivos y lo que se pretende resolver es tener un manejo integrado del mango Kent en toda la fenología de cultivo con innovación y desarrollo tecnológico.

2.4. Descripción de la Innovación Implementada

Se desarrolló el proyecto con un desarrollo tecnológico que implica implementar una técnica de manejo de cultivo a través de la inducción floral acompañada de una tecnología de implementación de un sistema de alerta agrometeorológica que permitirá vigilar la variable climática para anticiparse al efecto de la anomalía de la temperatura en períodos de floración del mango y en suma como resultado se obtenga una producción óptima sin tener que afrontar problemas de ausencia de floración y por lo tanto una baja producción, todo este esfuerzo se desarrolló en el marco de un proyecto de inversión pública que además incluye el mejoramiento de la infraestructura que para efecto del presente informe técnico no se va a analizar.

Respecto al Sistema de alerta temprana Agrometeorológica (SAT), éste ha sido implementado a finales del año 2022 con financiamiento de la ONG Consorcio para el desarrollo sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN), este componente tiene la finalidad de generar información respecto a la variabilidad del clima que afecta al cultivo de mango, y facilitará a los usuarios del Valle de Los Incas, pueden estar mejor preparados y actuar de forma organizada y oportuna para la adopción de decisiones convenientes respecto al manejo de cultivo, principalmente en lo que se refiere a la inducción floral, poda y manejo de cultivo y riego.

El SAT, consiste en implementar un Sistema de Alerta contra eventos agrometeorológicos en el Valle de Los Incas, distrito de Tambogrande, estará integrado por los siguientes componentes:

- Instalación del cerco perimétrico (no será materia de análisis)
- Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)
- Software para monitoreo, vigilancia y alerta
- Diseño de Alerta

Para el Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológico propuesto, se ha considerado los siguientes niveles de Alerta:

- Primer nivel 1: Pronósticos del clima
- Segundo nivel 2: Alerta temprana

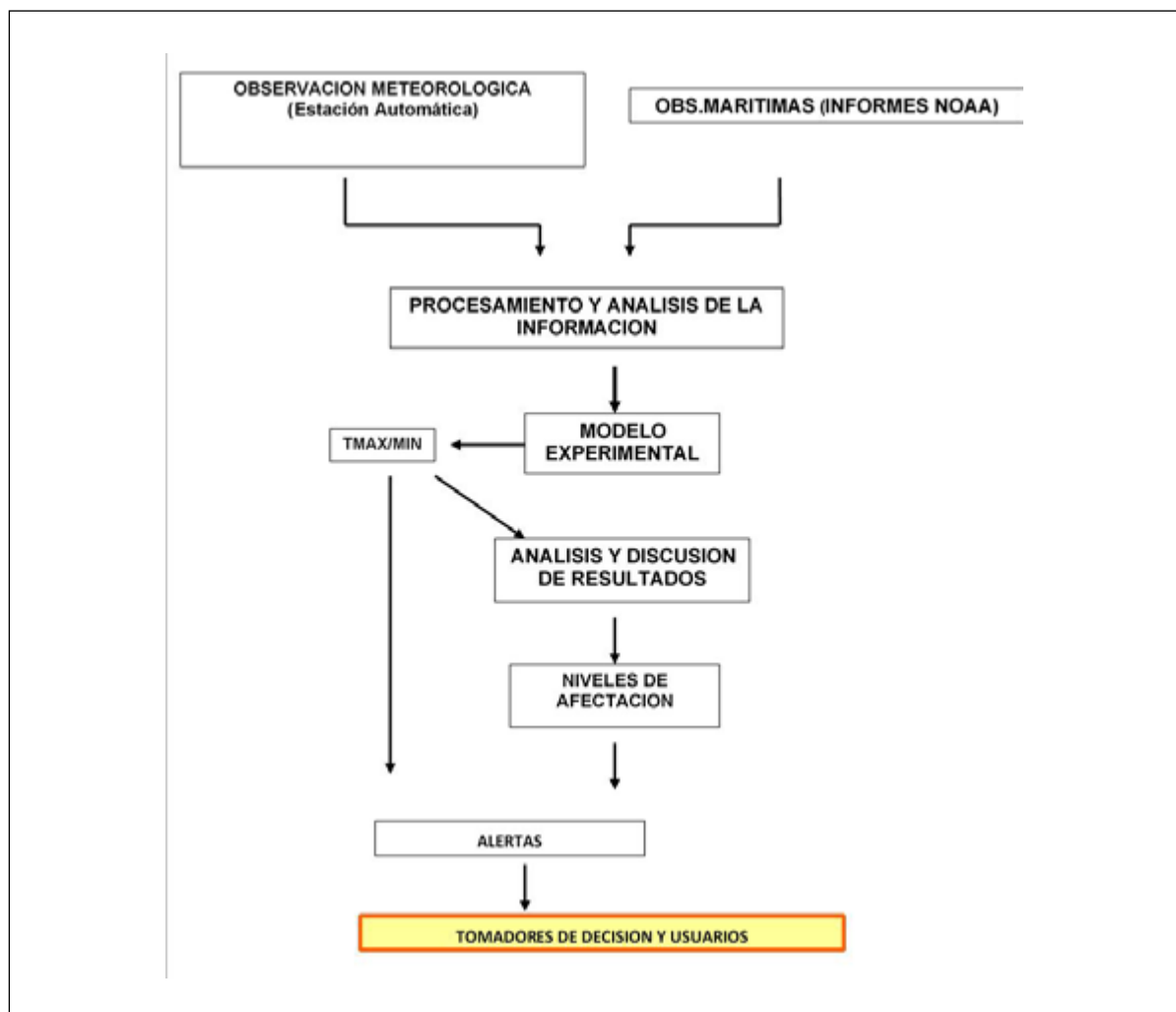
Pronósticos del clima

En este primer nivel de alerta, está considerado para los pronósticos climáticos de la temperatura máxima y mínima (nivel promedio mensual), se formularán pronósticos para periodos de tres meses, con especial atención a los meses que coinciden con la floración y maduración del mango.

Alerta temprana

Este nivel de alerta estará en función del peligro inminente, en la medida que se produzcan anomalías negativas o positivas de temperatura, por medio de la indicación de los colores que van desde el verde hasta el rojo indicando el grado de peligrosidad del evento.

FIGURA 2. Esquema de la Alerta Temprana



Fuente: Expediente Técnico del SAT

2.4.1. Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológico (SAT-A)

Existen dos sub componentes del Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológica (SAT- A) a tomar en cuenta para su implementación:

Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)

La EAMA consta de sensores, que registran variables meteorológicas y las almacenan en una plataforma colectora de datos y se transmiten de forma automática en tiempo real o cuasi real y será donde se realizan observaciones meteorológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y el comportamiento de las plantas, por la otra.

La Estación experimental Hualtaco del INIA (vivero ubicado en Tambogrande), es el lugar donde se instaló la Estación Agrometeorológica Automática (EAMA) del proyecto de inversión, el mismo que cumple con los requisitos de representatividad de las condiciones atmosféricas típicas del área objeto de monitoreo y de seguridad.

La EAMA Hualtaco evaluará las siguientes variables:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Lluvia
- Velocidad y dirección del viento
- Radiación solar
- Radiación fotosintéticamente activa
- Evaporación

Software para Monitoreo, Vigilancia y Alerta

El Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológica cuenta con un software paramonitoreo, vigilancia y alerta, que permite al operador del sistema, visualizar, gestionar y compartir los datos generados por la Estación Agrometeorológica Automática - EAMA Hualtaco.

El software es capaz de visualizar, gestionar y compartir los datos generados por la Estación Agrometeorológica Automática – EAMA Hualtaco y observaciones de los cultivos obtenidos manualmente de una forma simple (opcional), además permite el acceso remoto y visualización de datos climáticos de forma rápida y amigable, conteniendo los ajustes de las temperaturas límites de los cultivos (umbrales máximos y mínimos), con una configuración de alarmas para la advertencia de cambios térmicos.

El software permite observar:

- Datos en tiempo real
- Histórico de la serie de datos
- Indicadores agrometeorológicos
- Evaporación potencial
- Grados días
- Índice de estrés térmico
- Déficit de humedad
- Fenología (opcional)

Sobre los datos meteorológicos recopilados y registrados por la Estación Agrometeorológica Automática – EAMA Hualtaco son transmitidos vía celular al servidor del Sistema, y el responsable de la operación del

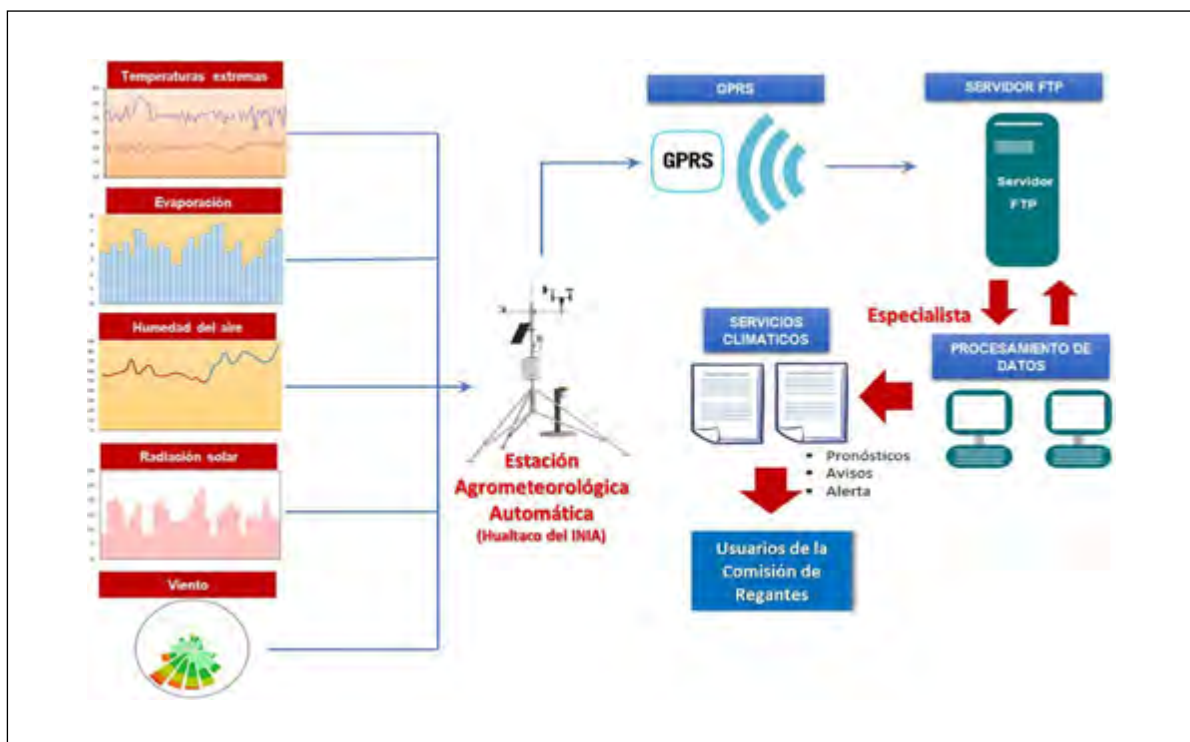
Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológica – SAT-A, elaborará los reportes y alertas agroclimáticas. El especialista podrá acceder a los datos almacenados en el servidor vía el protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados.

Opcionalmente, en adelante cuando los usuarios del valle de Los Incas lo requieran, el software por ser un sistema abierto permitirá establecer un sistema de vigilancia del componente biológico para el monitoreo fenológico del cultivo de mango.

El Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológica –SAT-A, permite contar con una estructura operativa de preparación para una adecuada respuesta agrometeorológica, a partir del monitoreo y alerta de las variables climáticas durante la fase más crítica para el desarrollo del cultivo de mango, que son los meses de abril a setiembre. Por esta razón, el sistema brindará servicios de alerta durante un periodo de seis meses cada año, sin embargo, la Estación Agrometeorológica Automática – EAMA Hualtaco generará datos durante todo el año que serán almacenado en el servidor del sistema.

El flujo de los datos meteorológicos generados, su procesamiento hasta la prestación de los servicios del Sistema de Alerta Temprana Agrometeorológica SAT-A en su conjunto se muestra en la Figura 3.

FIGURA 3. Flujo de Datos Metereológicos del SAT



Fuente: Expediente Técnico del SAT

Respecto a la técnica de inducción floral el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ejecutó el componente elaborado en el estudio de inversión pública por el Gobierno Regional Piura, en el que se elaboraron herramientas para facilitar los procesos de transferencia de tecnología a los productores de valle de Los Incas en el año 2019.

Para ello es necesario evaluar condiciones para promover la floración en el mango tales como:

Inducción floral

La inducción floral es un proceso en el que se ayuda a la planta a producir flores, anticipándose a los procesos naturales.

De esta manera se obtienen cosechas tempranas y uniformes que ayudan a conseguir mejores precios en el mercado nacional como en el internacional.

Para tomar la decisión de cuando aplicar una técnica nueva se debe evaluar el estado de la plantación. La época más apropiada para realizar esta actividad es en el mes de mayo a más tardar en junio.

Procedimiento para evaluar las condiciones para promover la floración

En el valle de los Incas las podas deben terminar a fines del mes de enero, y en un lapso de cuatro meses los botones florales maduran y para decidir realizar la inducción floral es necesario evaluar ciertas condiciones claves tales como:

- Verificar el clima: Este aspecto condiciona claramente todo crecimiento y desarrollo de las plantas por lo que es importante conocer la plantación y su respuesta al clima a lo largo del año. La temperatura ideal para la floración en el mango kent son 17°C (16°-18°C)
- Verificar la madurez de los brotes vegetativos: Es necesario conocer la edad del último brote vegetativo, a mayor sea la edad indicada mayor es la posibilidad de floración cuando ocurra la próxima brotación.
- Verificar la concentración de nitrógeno en la hoja de la planta: Debemos medir la concentración de Nitrógeno en la hoja de la planta, la misma que debe estar entre 1,0 al 1,5% para poder iniciar la inducción. Niveles mayores de nitrógeno tendrían efecto en la emisión de brotes vegetativos, disminuyendo las posibilidades de una diferenciación floral.
- Verificar la humedad del suelo: La humedad del suelo está inversamente relacionada a la formación de brotes florales. De allí la práctica común de dejar de regar para promover la formación de yemas florales.
- Verificar el tamaño de los arboles: Verificar los árboles no tenga más de 4 metros de altura para sacar más provecho a la aplicación del agente inductor.

Procedimiento para inducir la floración

Etapas I. Estimulación abundante de brotación vegetativa después de la cosecha:

- Realizar la poda de sincronización para asegurar que las plantas tengan la misma etapa de madurez fisiológica.
- Realizar la fertilización balanceada según análisis de suelo.
- Establecer período de sequía para reducir las probabilidades de emisión de un segundo brote vegetativo

Etapas II. Aspersiones foliares de estimulaciones florales

- Esperar el momento de la aplicación a cuando la planta esté lista o receptiva a la inducción (cuatro meses después de la poda)
- Estar atento a que el clima lo permita (noches frías/días calientes)
- Asperjar con los productos estimulantes, según la naturaleza del producto

Una forma de conocer cómo va el efecto de los estimuladores consiste en revisar los brotes y las hojas. Si las hojas están flácidas, se debe aplicar la otra dosis

Como piloto experimental se aplicó el método integral del manejo de cultivo que consiste en: el manejo de fertilidad de los suelos, manejo en sistemas de podas en el cultivo, manejo integrado de plagas y las técnicas de maduración de brote e inducción floral en un área de 2.50 has., distanciamiento de cada planta: 6m x 6m, edad de plantación: 10 años y fuente abonamiento: Nitrato de Potasio.

3. Resultados

El Sistema de Alerta temprana Agrometeorológica (SAT-A) que está propuesto como medida de adaptación al cambio climático, porque permite advertir oportunamente a los usuarios del valle de Los Incas, sobre un peligro inminente asociado al cambio climático, en las etapas de floración y cuajado de fruto del mango ya viene recepcionando datos climáticos desde el mes de enero del 2023, sin embargo está faltando que esa información se remita a los equipos especializados a través del software para que los técnicos debidamente capacitados desde la Comisión de Usuarios del valle de los Incas puedan manipular los datos, se emitan informes agrometeorológicos y ser difundidos a los usuarios, en principio se va a necesitar una data mínima de un año pero que se puede cotejar con información cercana a la zona.

Después de la capacitación con el INIA a los agricultores, los usuarios han ido aplicando de manera experimental la inducción floral al mango y han obtenido mejoras en la productividad pasando de 6 tn/ha a 12tn./ha. y además han logrado alcanzar la producción en los meses de noviembre y diciembre para el caso del año 2022 que son los meses que mejor precio internacional tienen y por el contrario en años anteriores con anomalías en la temperatura cuando no aplicaban la técnica de inducción floral se retrasaba la producción a los meses de enero y febrero cuando había una sobreproducción mundial y precios bajos que desincentiva al productor con bajo margen de utilidad, por el contrario con la transferencia tecnológica y la información oportuna que generaría el SAT, los agricultores pueden estar mejor preparados y actuar de forma organizada y oportuna para la adopción de decisiones convenientes respecto al manejo de cultivo, principalmente en lo que se refiere a la inducción floral, poda y manejo de cultivo y riego.

Con respecto a la mejora para la aplicación del proceso del SAT-A, el sistema de internet es débil en la zona, lo que se requiere alternativas de comunicación por ejemplo de tipo satelital para tener niveles de eficiencia en la transmisión de datos, que el Gobierno Regional viene estudiando la solución a este inconveniente, por ello el sistema del SAT está en proceso de validación que esperamos que dentro de los próximos meses sea finalizado para obtener el resultado de aplicación.

A continuación, se muestra la Foto 1, donde se puede apreciar las plantas de mango con inducción floral que acompañado de un manejo integrado la copa de las plantas de mango han logrado florear en casi toda su capacidad.

FOTO 1. Plantas de mango con Inducción floral



En la Foto 2, se aprecia la Estación Agrometeorológica Automática (EAMA) como componente del SAT-A dentro de la estación experimental Hualtaco del INIA.

FOTO 2. Estación Agrometeorológica del SAT

