

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA  
COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA  
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA**

**PROYECTO**

**SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS CLIMATOLÓGICOS EN EL  
ESTADO DE MORELOS (TH1331.4)**

**INFORME FINAL**

**PRESENTA A:**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**Participantes:**

Esteban Pardo García  
Olivia Rodríguez López  
Luis Ángel Martínez Sánchez

## RESUMEN EJECUTIVO

### **Proyecto: Sistema de registro de datos climatológicos en el estado de Morelos.**

**Antecedentes.** Ante la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades agroalimentarias del país, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP y la COFUPRO, implementó la Red Nacional de Estaciones Estatales Agro climatológicas. En Morelos inicia la primera etapa en el 2006 y continua creciendo a la fecha la red tiene 25 estaciones, que se mantiene en operación por el trabajo conjunto entre el INIFAP y el IMTA. La información disponible en línea, es aplicable a los procesos de producción y protección de cultivos y hatos ganaderos.

**Objetivo general.** Consolidar la operación y funcionamiento de la red de estaciones agroclimatológicas, mediante un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, de tal forma que se garantice la medición, transmisión, recepción y difusión en línea de los datos de manera consistente y confiable. Específicamente, difundir y dar a conocer la existencia de las estaciones agroclimatológicas en el estado de Morelos, así como la disponibilidad en línea de los datos Agrometeorológicos, de manera gratuita y a todo el público en general.

**Metodología.** La operación de las 25 estaciones y el portal WEB se llevó a cabo mediante el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de las estaciones y del equipo de recepción y sistemas informáticos, se hace mantenimiento preventivo al equipo de cómputo de recepción de datos y de difusión en internet; respecto a la estación base A840 se reemplazó por la estación base A850 se configuraron todos los sensores de las estaciones y se programó el sistema de alarmas para detectar sensores fuera de rango. Continuó el proceso de respaldo mensual en la computadora conectada directamente a la base A850, en el servidor “galileo” y en disco compacto. Se conservó, actualizó y mejoró la funcionalidad existente de los sistemas informáticos del portal, incorporando un módulo que permite presentar en mapas de la dirección y velocidad del viento. Se realizaron dos jornadas de mantenimiento preventivo a las 25 estaciones limpiando el recinto y sensores además de cambiar baterías en algunas estaciones y sensores de viento y lluvia.

**Resultados y Conclusiones.** Cambio de la estación receptora A850, ha sido funcional y el equipo de recepción y sistemas informáticos incluyendo el portal, están operando correctamente.

Los registros agroclimáticos acumulados al mes de junio del 2013 de las 25 estaciones están respaldados y su transmisión en línea hacia el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos es ininterrumpida. Con la implementación de programas de cómputo que permite mantener los registros del mantenimiento realizado a cada sensor de las estaciones, y la actualización de módulos como el de vientos para representar la dirección y velocidad de vientos predominantes por periodo de tiempo. El mantenimiento preventivo y correctivo en las 25 estaciones agroclimatológicas de la Red, resultó en una eficiencia de operación mayor del 90% al termino del proyecto.

## Índice de contenido

1.- Introducción.....	5
1.1.- Antecedentes.....	6
2.- Objetivos.....	7
3.- Metas.....	8
4. Red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.....	9
4.1 Descripción de las variables meteorológicas.....	9
4.2. Componentes de la red estaciones agroclimatológicas.....	11
4.2.1. Estación transmisora.....	11
4.2.2. Estación receptora.....	13
4.3. Arquitectura de la red agrometeorológica.....	14
4.4. Ubicación de las estaciones agroclimatológicas.....	16
5. Actividades del proyecto.....	17
5.1. Base de datos de la información registrada en disco compacto y con respaldos en IMTA e INIFAP elaborada.....	17
5.2. Portal electrónico con información actualizada acorde a las necesidades de los sistemas producto publicado en página Web.....	18
5.3. Red de estaciones en operación eficiente de sensores y equipo de transmisión de las 25 estaciones, así como la fidelidad de los datos proporcionados por los sensores de las 25 estaciones publicada en la página Web. ....	19
5.3.1. Servicios a estaciones transmisoras. ....	21
5.3.2. Servicios estación receptora. ....	25
5.4. Prototipo de los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad de la hoja compatible con el equipo instalado validado.....	28
6. Impacto esperado.....	32
6.1. Geográfico.....	32
6.2. Sectorial.....	32
6.3. Económico.....	32
6.4. Social.....	32
6.5. Ambiental.....	33
7. Productos y resultados.....	34
7.1. Productos.....	34
7.2. Resultados.....	34
8. Conclusiones y recomendaciones.....	35
9. Bibliografía y páginas WEB .....	36
10. Anexos. Listado de anexos en el CD.....	37

## Índice de tablas

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas.....	6
Tabla 2. Componentes de la estación transmisora.....	12
Tabla 3. Componentes de la estación receptora.....	13
Tabla 4. Listado de las estaciones del estado de Morelos.....	16
Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento.....	21
Tabla 6. Rangos de medición de los sensores	27

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de los componentes de la estación.....	11
Figura 2. Esquema de instalación del modem A440.....	14
Figura 3. Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.....	15
Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones del estado de Morelos	16
Figura 5. Mantenimiento y actualización del portal WEB.....	17
Figura 6. Entrada principal al sistema de administración.....	18
Figura 7. Supervisión de la operación de la red Morelos.....	19
Figura 8. Monitoreo de la red con software del A850 .....	20
Figura 9. Flujo de información entre transmisores y receptor.....	26
Figura 10. Configuración de límites.....	27
Figura 11. Valores mínimos y máximos. ....	28
Figura 12. Sensor Inteligente.....	29

## Índice de fotografías

Foto 1. Instalación de sensores, recomendación de OMM.....	12
Foto 2. Estación antes y después del mantenimiento. ....	21
Foto 3. Actualización estación INIFAP.....	23
Foto 4. Reubicación estación Huazulco. ....	23
Foto 5. Reparación de cable Y para pluviómetro y viento.....	24
Foto 6. Prueba de funcionamiento de cable y lectura de lluvia.....	24
Foto 7. Pruebas del diseño de prototipos. ....	30
Foto 8. Prototipos de sensores. ....	31

## 1. Introducción

Con la finalidad de garantizar el funcionamiento óptimo, disponibilidad de datos y la difusión de la información de las estaciones agroclimatológicas instaladas en las principales zonas agropecuarias del estado de Morelos, se realizó el proyecto “**Sistema de registro de datos climatológicos en el estado de Morelos**”, en el periodo de ejecución del proyecto se realizaron actividades de jornadas de mantenimiento preventivo y correctivo en campo, supervisión y revisión de la infraestructura de la red de transmisión/recepción (estaciones, enlaces, base A850, equipo informático y software instalado), realizar la validación de los datos con el fin de garantizar la confiabilidad de éstos y continuar con los trabajos de supervisión, actualización y mejora continua de la página WEB donde se publican libremente y a tiempo real los datos de las estaciones que conforman la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.

## 1.1. Antecedentes

Ante la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades agroalimentarias del país, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP y de las Fundaciones Produce de los Estados, implementaron la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Esta red tiene como objetivo principal disponer de infraestructura para el registro automatizado del tiempo meteorológico, con la finalidad de ofrecer a los productores agropecuarios información meteorológica a tiempo real, aplicada a los procesos de producción y protección ante clima adverso.

Desde que inició el proyecto para el estado de Morelos en el año 2006, se ha venido trabajando de manera conjunta entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP), y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Financiado en todos los años por la Fundación Produce Morelos A.C. (FUPROMOR).

La red de estaciones agrometeorológicas del estado de Morelos se implementó en cuatro etapas, entre los años 2006, 2007 y 2013, como se muestra en la tabla 1.

Etapa	Periodo	Número de estaciones
1ra	Febrero - Marzo 2006	10
2da	Julio 2006	7
3ra	Mayo - Junio 2007	6
4ta	Marzo 2013	3

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas.

Los criterios que definieron la instalación de las estaciones son:

1. Zonas agrícolas con mayor representatividad de los productos de la entidad.
2. Línea de vista entre transmisión y recepción buena para la transmisión de la señal entre las estaciones, enlaces y estación base receptora A850.
3. Seguridad de las estaciones en campo.
4. Contar con el permiso del productor cooperante.

## **2. Objetivos**

### **Objetivo general.**

Generar una base de datos climatológicos que orienten en la planeación y toma de decisiones para el fortalecimiento de los sistemas producto del estado de Morelos.

Objetivos específicos del proyecto:

- Consolidar la operación y funcionamiento de la red de estaciones agroclimatológicas, mediante el programa de mantenimiento preventivo y correctivo, de tal forma que se garantice la medición, transmisión, recepción y difusión de los datos de manera consistente y confiable en tiempo real.
- Difundir y dar a conocer la existencia de las estaciones agroclimatológicas en el estado de Morelos, así como la disponibilidad de los datos Agrometeorológicos a tiempo real de manera gratuita y a todo el público en general.

El logro de los objetivos antes mencionados asegurará contar con una infraestructura que proporcione la información de utilidad en los diferentes sectores productivos de la entidad.

### **3. Metas**

- Visitas periódicas a cada una de las estaciones agroclimatólogicas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, asegurando en todo momento la integridad física de la estación y el buen estado de los sensores.
- Supervisión constante de la transmisión de los datos de cada una de las estaciones, para identificar anomalías y retrasos en el envío de los datos, así como posibles daños físicos que pudiera tener cada sensor en las 25 estaciones agroclimatólogicas.
- Monitoreo constante de la estación base A850 y del equipo de cómputo para mantener operando correctamente la comunicación con las estaciones y obtener los datos en el equipo de cómputo y posteriormente hacer el procesamiento y difusión de los datos.
- Actualización de la página WEB de la red de estaciones para satisfacer las necesidades de información del productor agropecuario de Morelos y público en general.
- Promover y difundir la existencia de las estaciones agroclimatólogicas del Estado de Morelos, así como garantizar la disponibilidad de los datos a tiempo real y de manera gratuita.
- Elaborar sensores de recambio mediante el diseño e implementación de dos prototipos: 1. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa. 2. Sensor de Humedad de la Hoja, utilizando tecnología disponible en el mercado y de bajo costo; que sea compatible con la tecnología (AdCon) instalada.
- Contar con un sistema de información para la administración y control del equipo de la red de estaciones agrometeorológicas de Morelos.



## **4. Red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos**

La red de estaciones agroclimatológicas del Estado de Morelos está compuesta por 25 estaciones transmisoras marca Adcon Telemetry, dos enlaces (repetidoras), estación receptora y publicación de datos en el portal WEB.

### **4.1. Descripción de las variables meteorológicas**

Los radios registradores de cada estación están configurados para que reporten datos cada 15 minutos. Los sensores envían datos cada minuto al radio registrador, este hace un promedio cada 15 minutos, este método se aplica a todos los sensores a excepción del pluviómetro, que registra y reporta la lluvia acumulada en los 15 minutos.

A continuación se describe cada una de las variables meteorológicas reportadas por las estaciones antes referidas.

#### **Humedad Relativa**

La humedad de una masa de aire no depende de la cantidad de agua por metro cúbico que contenga, eso es la humedad absoluta y obedece a la evaporación, sino de la capacidad del aire para absorber agua. Esta capacidad depende de la temperatura del aire, puesto que esta absorción de agua necesita energía calorífica.

A esta capacidad se le llama *humedad relativa* y se mide en porcentaje. Para una misma humedad absoluta, la humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura. Para el clima lo más importante es la humedad relativa ya que una masa de aire saturada, o cercana a la saturación, es una masa de aire húmeda y las plantas pueden aprovechar su agua; mientras que de una masa de aire seca no; aunque tenga mayor humedad absoluta. En realidad, todo depende de la presión de vapor de agua.

#### **Dirección y velocidad del viento**

El viento es el movimiento del aire. La dirección, depende directamente de la distribución de las presiones, pues aquel tiende a soplar desde la región de altas presiones hacia presiones más bajas. Se llama *dirección del viento* el punto del horizonte de donde viene o sopla. En escalas espaciales hemisféricas o sinópticas, la dirección del viento está relacionada con la rotación terrestre, su unidad de medida es grados donde  $0^\circ$  es el norte,  $90^\circ$  es el este,  $180^\circ$  es el sur y  $270^\circ$  es el oeste. *La velocidad del viento* representa la intensidad del viento que se mide en km/h.

## **Temperatura**

*La temperatura* es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Los suelos cubiertos de vegetación se calientan menos que los desprovistos de ella ya que refractan menos calor. *La temperatura* se mide en grados centígrados.

## **Precipitación**

*La precipitación* es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad. *La precipitación pluvial* se mide en mm, que equivalen al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie 1 m<sup>2</sup> plana e impermeable.

## **Humedad de la hoja**

*Humedad de Follaje/Hojas* se define como la humedad condensada en la superficie de las hojas y otras partes expuestas de las plantas. Esta condición de humedad en las superficie de las plantas es un factor determinante en los procesos de desarrollo de algunos patógenos que atacan a las plantas, por lo que el poder determinar el tiempo y la cantidad de humedad condensada en la superficie de las plantas que permite el correlacionar esta humedad con el potencial de que se presente una enfermedad en el cultivo. La manera de evaluar esta humedad es mediante el uso de sensores, que al igual que las plantas expongan una superficie la cual se humedecerá y secara de manera similar a las superficies expuestas de la planta.

## **Radiación Solar**

Se conoce por *radiación solar* al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el Sol. Éstas van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

La unidad práctica que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia o unidad de potencia por metro cuadrado [w/m<sup>2</sup>]. La exposición exagerada a la radiación solar puede ser perjudicial para la salud.

La radiación solar que llega al sistema tierra - atmósfera, se conoce también con el nombre de radiación de onda corta, por los valores de longitud de onda en los que se

concentra el máximo de emisión de energía solar. La atmósfera es mayormente transparente a la radiación solar entrante. Al tope de la atmósfera llega un 100 % de radiación solar, sólo un 25% llega directamente a la superficie de la Tierra y un 26% es dispersado por la atmósfera como radiación difusa hacia la superficie, esto hace que un 51 % de radiación llegue a la superficie terrestre. Un 19 % es absorbido por las nubes y gases atmosféricos. El otro 30 % se pierde hacia el espacio, de esto la atmósfera dispersa un 6 %, las nubes reflejan un 20 % y el suelo refleja el otro 4 %. Entonces la radiación solar que llega a la atmósfera puede ser dispersada, reflejada o absorbida por sus componentes. Esto depende de la longitud de onda de la energía transmitida y del tamaño y naturaleza de la sustancia que modifica la radiación.

## 4.2. Componentes de la red de estaciones agroclimatológicas

### 4.2.1. Estación transmisora

Las estaciones agroclimatológicas instaladas en el estado de Morelos están integradas con 7 sensores, radio registrador y panel solar, ver la figura 1. La recepción de los datos generados por los sensores y la transmisión a la estación receptora la realiza el radio registrador A733 (o A753). En la foto 1 se ilustra la colocación de los sensores recomendada para la instalación de la estación en campo y en la tabla 2 se describen brevemente los equipos de la estación agroclimatológica.

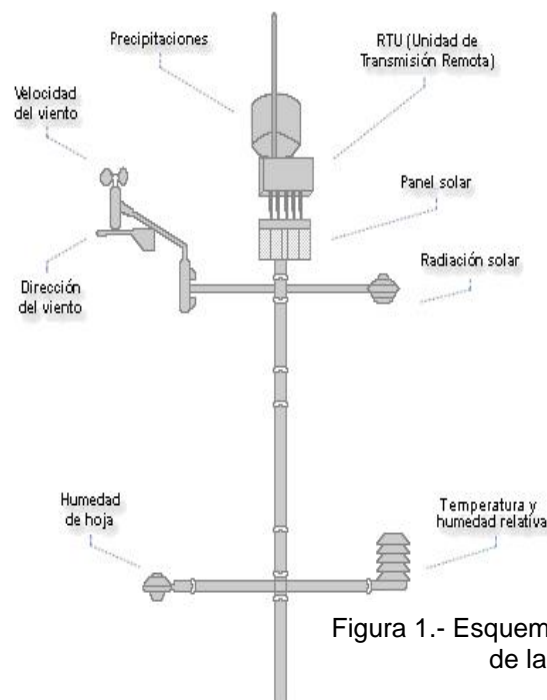







Figura 1.- Esquema de los componentes de la estación



Foto 1. Instalación de sensores, recomendación de OMM.

Componente	Nombre/Descripción
	<p><b>UTR A733 (Transmisor/Receptor):</b> Recibe datos de los sensores, guarda en memoria, hace promedio, suma y transmite a la base receptora A850 a través de ondas de radio.</p>
	<p><b>Panel solar:</b> Convierte la energía solar en eléctrica y carga la batería interna del UTR A733 que alimenta el transmisor y sensores.</p>
	<p><b>Sensor</b> de temperatura del aire y la humedad relativa.</p>
	<p><b>Piranómetro:</b> Registra la radiación solar global.</p>
	<p><b>Anemómetro y veleta:</b> Registra la velocidad y dirección del viento.</p>





	<p><b>Humedad de la hoja.</b> Registra la humedad del follaje del entorno por conductividad.</p>
	<p><b>Pluviómetro:</b> Registra la lluvia acumulada en el tiempo.</p>

Tabla 2.- Componentes de la estación transmisora.

#### 4.2.2. Estación Receptora

El sistema de recepción de datos se encarga de solicitar y recibir datos de las 25 estaciones a través de ondas de radio, está integrada por el radio Modem Inalámbrico A440 con antena, la estación base A850, el software exportador de datos A2A, el software administrador Advantage Pro 5.4. En la tabla 3 se describen los equipos de la recepción y en la figura 2 se tiene la instalación del A440.

Tabla 3. Componentes de la estación receptora

<b>Componente</b>	<b>Nombre/Descripción</b>
	<p><b>Modem Inalámbrico A440.</b> Recibe las ondas de radio enviadas por los radios registradores de cada estación. Envía las peticiones de datos que hace la estación base A850. Altura mínima 30m entre el A440 y A850.</p>
	<p><b>La estación Base A850.</b> Solicita/recibe datos de cada estación a través de ondas de radio a cada 10 minutos por estación. Convierte la información de ondas de radio a datos del clima. Esta información es almacenada en la memoria del A850 (aproximadamente 30 días). Envía y recibe peticiones de datos, El Laboratorio de Sensores Remotos del INIFAP obtiene los datos a través de Internet.</p>
	<p><b>Software exportador A2A.</b> Extrae la información de la estación base A850 y genera archivos de datos tipo ("estación.dat") Excel de Microsoft por día. Se almacenan en la carpeta definida en la configuración del A2A.</p>

	<p><b>Advantage Pro 5.4.</b> Servidor de datos que permite administrar la información generada por las estaciones, genera consultas graficas de cada variable.</p>
--	--

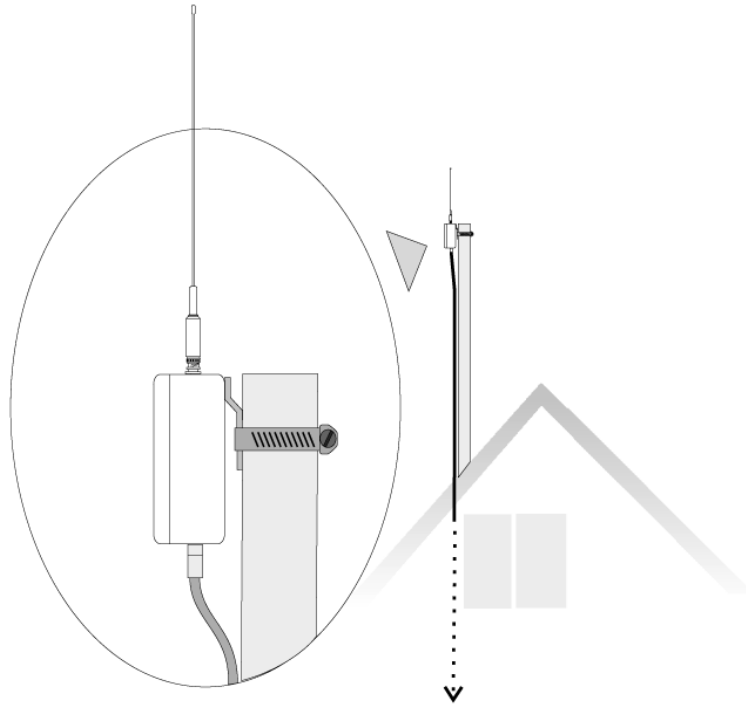


Figura 2. Esquema de instalación del modem A440

### 4.3. Arquitectura de la red agroclimatológica.

La tecnología Adcon Telemetry consta de una base receptora A850 que se encarga de comunicarse con todas las estaciones, y enlaces, la solicitud de los datos se hace cada 10 min. Cada estación envía la información al A850 o enlace para retransmitir la señal hasta llegar a la estación base A850. La estación base almacena la información y se obtiene a través del software A2A como archivos de texto. Para visualizar la información es necesario enviarla al servidor de Internet (galileo). Finalmente los usuarios pueden acceder a los datos proporcionados por la red de estaciones agrometeorológica mediante una conexión a Internet.

En la figura 3 se ilustra la arquitectura de la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.

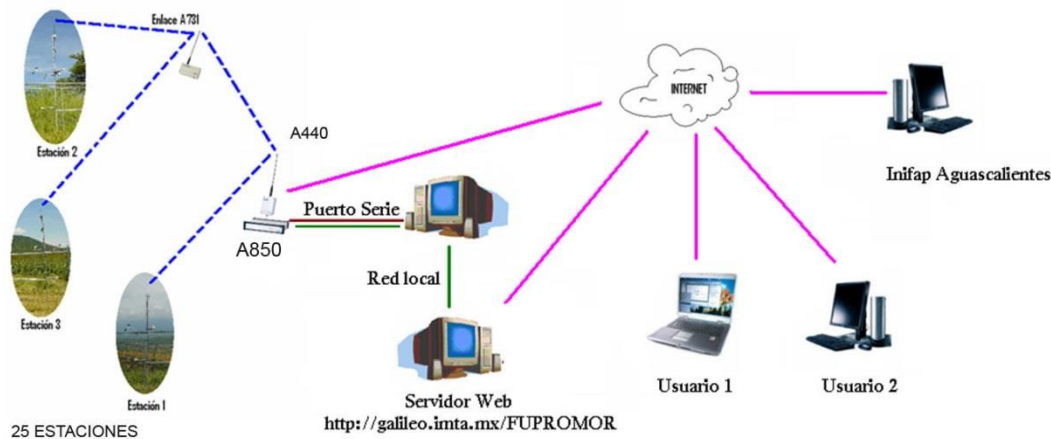


Figura 3. –Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.

La base receptora A850 se encuentra instalada en el edificio de la Subcoordinación de Hidrometeorología del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Una vez que los datos se encuentran almacenados en la base A850 el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, se conecta a través de Internet para descargar, almacenar y procesar los datos para su difusión diaria en la página web <http://clima.inifap.gob.mx>.

Los datos se extraen de la base A850 para almacenarlos en archivos ASCII y posteriormente introducirlos a la base de datos que se consulta en la página Web <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR/>, en esta página se pueden consultar tanto los datos diarios como históricos de manera gratuita y a todo el público en general. Las consultas se generan por día, por semana, por mes o por periodo, es posible realizar graficas de isolíneas, contornos y animación diaria. La página se encuentra en constante actualización para satisfacer las necesidades del productor agropecuario de Morelos.

#### 4.4. Ubicación de las estaciones agrometeorológicas

En la tabla 4 se proporciona el listado de las 25 estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos y en la figura 4 se ilustra su ubicación.

Clave	Nombre	Municipio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Cooperante
MOR-001	INIFAP	Zacatepec	18.6564	-99.1911	911	Dr. Efraín Cruz Cruz
MOR-002	El Calvario	Mazatepec	18.7246	-98.9236	1070	Sr. Francisco Pichardo Domínguez
MOR-003	Rancho el Potrerillo	Amacuzac	18.5930	-99.3388	916	Sr. Ricardo Avalos
MOR-004	CEIEPO	Huitzilac	19.0250	-99.2667	2743	MVZ. MC. José de Jesús Núñez Saavedra
MOR-005	Tlaquiltenango	Tlaquiltenango	18.6289	-99.1603	1023	Sr. Martín Pérez Figueroa
MOR-006	Ocuituco	Ocuituco	18.8769	-98.7756	1737	Sr. Esteban Sánchez Meléndez
MOR-007	El Hospital	Cuautla	18.8117	-98.9547	1297	Sr. Simón Serrano Solano
MOR-008	Ayala	Ayala	18.7672	-98.9831	1372	Sr. Juan González Ramírez
MOR-009	Axochiapan	Axochiapan	18.5022	-98.7528	1009	Dir. CEBTA 129 de Axochiapan
MOR-010	Jonacatepec	Jonacatepec	18.6828	-98.8025	1363	Sr. Eufemio González Hernández
MOR-011	Puente de Ixtla	Puente de Ixtla	18.6384	-99.3449	1009	Sr. Margarito Guadarrama Beltrán
MOR-012	Coatetelco	Coatetelco	18.7169	-99.2930	1077	Sr. Miguel Pena Remigio
MOR-013	Tepalcingo	Tepalcingo	18.6345	-98.8997	1186	Sra. Eclisería Gómez Cortes
MOR-015	Emiliano Zapata	Emiliano Zapata	18.8383	-99.1691	1372	Sr. Rogelio Zetina Celis
MOR-016	Tepoztlán	Tepoztlán	18.9556	-99.0891	1356	Comisario Ejidal Héctor Quiroz Hernández
MOR-017	Tlayacapan	Tlayacapan	18.9500	-98.9858	1648	Dir. Primo Sánchez Arias
MOR-018	Tlaltizapan	Tlaltizapan	18.6912	-98.8658	951	Sr. Eleuterio Mejía
MOR-019	Tetela del Monte	Cuernavaca	18.9706	-98.7279	1944	Ing. Federico Martínez Martínez
MOR-020	Tetela del Volcán	Tetela del Volcán	18.8828	-97.2892	2154	Sr. Petronilo Ariza Mendoza
MOR-021	Tehuixtla	Jojutla	18.5417	-98.7383	889	Sr. Juan Ibañes
MOR-022	Huazulco	Temoac	18.7529	-98.7689	1538	Sr. Renato Cerezo
MOR-023	Tlalnepantla	Tlalnepantla	19.0115	-97.0032	2085	Consejo Municipal de Nopaleros A.C.
MOR-024	Miacatlan	Miacatlan	18.7932	-99.3517	1040	Gobierno del Estado
MOR-025	Totolapan	Tlayacapan	18.9866	-98.7711	1801	Sebastián Rodríguez
MOR-026	Tenango	Jantetelco	18.6334	-98.7546	1221	Miguel Cuevas Marín

Tabla 4. Listado de las estaciones del estado de Morelos.



Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones en el estado de Morelos.



## 5. Actividades del proyecto

### 5.1. Base de datos de la información registrada en disco compacto y con respaldos en IMTA e INIFAP elaborada.

El proceso para generar la base de datos climatológicos del estado de Morelos, se inicia con los sensores que obtienen el registro de datos (de Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad del viento, Dirección del viento, Radiación Solar, Humedad de la hoja y lluvia) y son procesados por la unidad remota de telemetría y enviados a la estación receptora A850 la cual recibe y almacena los datos generados por la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos y se publicados en la página WEB, se utilizan los siguientes programas y sistemas informáticos para obtener los datos:

- **A2A.** Obtiene los datos de la base A850 de las estaciones 25 y los guarda en archivos de datos con formato tipo texto, separado por comas.
- **Linux.** Sistema operativo para el servidor galileo utilizado como servidor WEB.
- **FTP.** Transferencia de los archivos tipo texto de equipo receptor (Windows) a servidor galileo (Linux).
- **Apache.** Servidor WEB instalado en el servidor “galileo”.
- **PHP.** Lenguaje de programación para desarrollo del portal WEB
- **MySQL.** Manejador de bases de datos en Linux.
- **Addvantage PRO.** Monitoreo de la red, exportador de datos y con módulos para agricultura.

El respaldo de la información generada por las estaciones agroclimatológicas es un proceso redundante que se hace en:

1. En la computadora conectada directamente a la base A850, se ejecuta el software A2A que exporta la información a archivos tipo texto. El respaldo mensual se hace de los archivos que se tienen de la base A850 en el disco secundario del equipo, este respaldo se hace con el fin de garantizar la fuente original de datos.
2. En el servidor “galileo” se extraen los datos de la computadora mediante el FTP y se guardan en la base de datos FUPROMOR con formato de MySQL; estos datos son los que se consultan al entrar al portal de Internet.
3. En servidor de INIFAP Zacatepec, Morelos.

4. En disco compacto se respaldan los datos al finalizar el año que dura el proyecto, Se anexa disco (Anexo D).

## 5.2. Portal electrónico con información actualizada acorde a las necesidades de los sistemas producto publicado en página Web.

El portal de Internet, se encuentra operando sin interrupciones y correctamente cada opción se supervisa diariamente y se actualizan los programas que lo requieren como modificar los programas que muestran la escala grafica del mapa de lluvia para las opciones de contorno y reportes, ver la figura 5, modificación de los programas del portal por actualizaciones en las plataformas de desarrollo de PHP y MySQL.

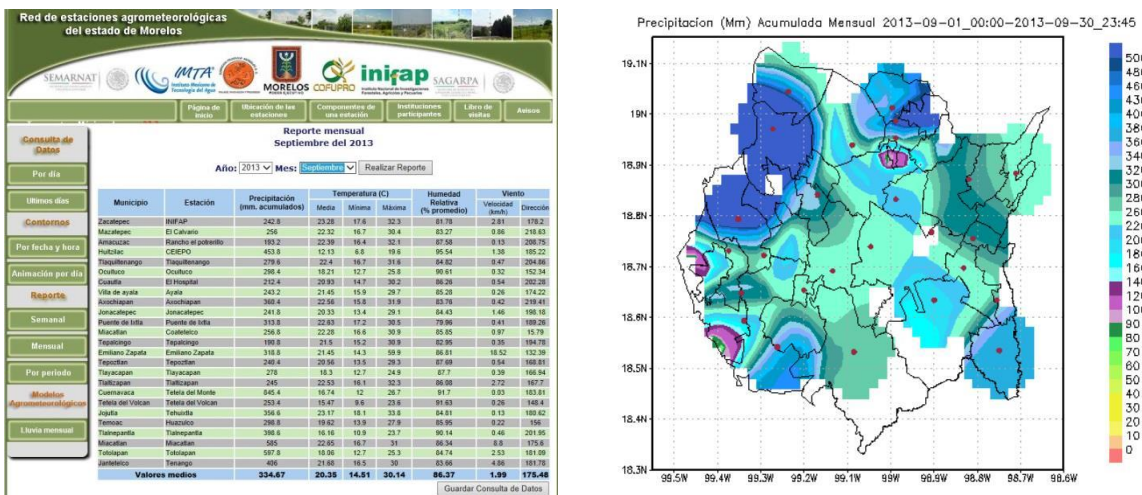


Figura 5. Mantenimiento y actualización del portal WEB.

### Sistema de administración.

Se integra un sistema de administración de la red de estaciones agrometeorológicas de Morelos se tiene la administración y control de la información de las estaciones como se muestra en la figura 6 de la página principal que da acceso al sistema, en el menú lateral izquierdo presenta las 5 secciones principales Estaciones, Mantenimiento, Datos generales, Herramientas, Servicio usuarios y la sección a acceso a la red; cada sección tiene opciones relacionadas con el tema, en todas las opciones de cada sección se permite ingresar datos, consultar, modificar y eliminar. En el anexo B se describe el uso del sistema.

Administración de información de la red de estaciones agrometeorológica  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Red del Estado de Morelos

**Secciones**

- Estaciones
- Mantenimiento
- Datos generales
- Herramientas
- Servicio usuarios
- Red Morelos

Clave	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	M	E
ENLACE	TEPOZUNO	18	99	1000		
ENLACE2	TEPOZDOS	18	99	1300		
MOR-001	INIFAP	18.6531	-99.2008	911		
MOR-002	El Calvario	18.7303	-99.3744	1070		
MOR-003	Rancho el potrerillo	18.5914	-99.3476	939		
MOR-004	CEIEPO	19.0439	-99.2363	2743		
MOR-005	Tlaquitenango	18.5319	-99.0851	1023		
MOR-006	Ocuituco	18.8716	-98.8194	1737		
MOR-007	El Hospital	18.8319	-98.9881	1237		
MOR-008	Ayala	18.7388	-99.0469	1372		

Agregar Estacion

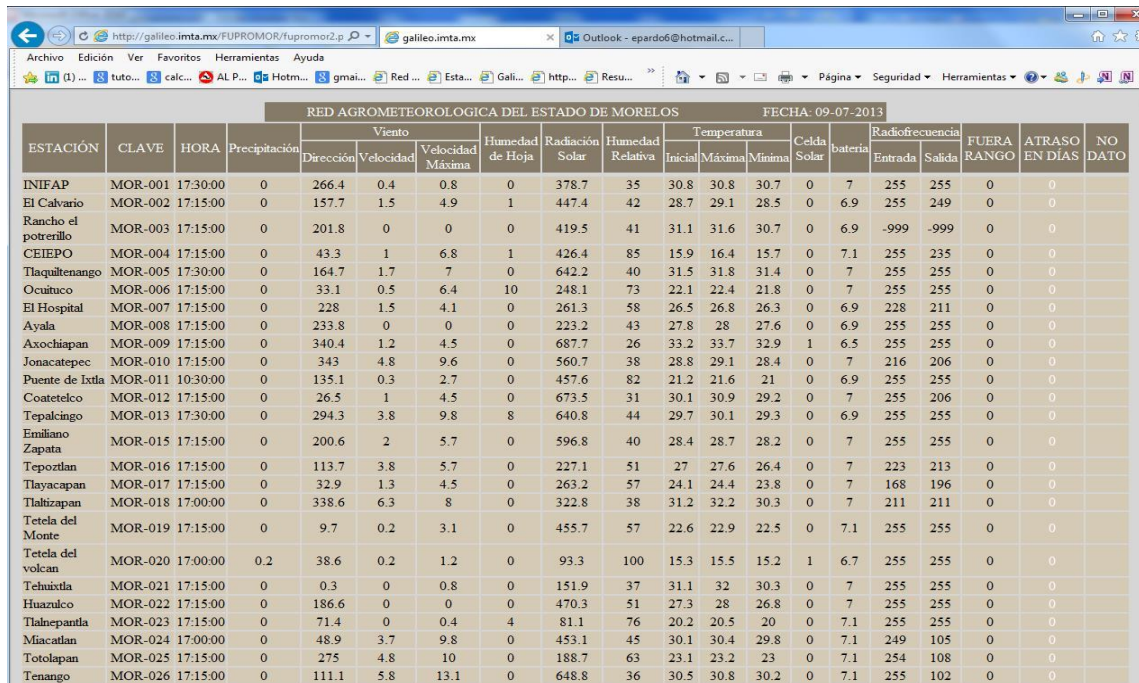
Figura 6. Entrada principal al sistema de administración.

### 5.3. Red de estaciones en operación eficiente de sensores y equipo de transmisión de las 25 estaciones, así como la fidelidad de los datos proporcionados por los sensores de las 25 estaciones publicada en la página Web.

La operación eficiente del sistema de registro de datos climatológicos del estado de Morelos, tiene los siguientes componentes que operen correctamente:

- Estaciones transmisoras con 25 estaciones, 7 sensores cada una, equipo de telemetría y fuente de energía.
- Estación receptora con servicio de internet, estación Base A850, modem A440, computadora de recepción y transferencia de datos.
- Equipo de cómputo como servidor WEB (<http://galileo.imta.mx>) con servicio de internet y programas de cómputo para desplegar la página WEB de la red de estaciones de Morelos.

Para mantener en operación el sistema de registro de datos, se realiza el monitoreo y supervisión diaria mediante la página que se observa en la figura 7 que muestra los últimos datos recibidos en la base de datos de todas las estaciones, el programa muestra los atrasos y lecturas que estén fuera de los rangos de operación de los sensores, marca un error en caso que el valor de una variable sea nulo se registra como -9999.



RED AGROMETEOROLOGICA DEL ESTADO DE MORELOS																	FECHA: 09-07-2013		
ESTACIÓN	CLAVE	HORA	Precipitación	Viento			Humedad de Hoja	Radiación Solar	Humedad Relativa	Temperatura			Celda Solar	Batería	Radiofrecuencia		FUERA RANGO	ATRASO EN DÍAS	NO DATO
				Dirección	Velocidad	Velocidad Máxima				Inicial	Máxima	Mínima			Entrada	Salida			
INIFAP	MOR-001	17:30:00	0	266.4	0.4	0.8	0	378.7	35	30.8	30.8	30.7	0	7	255	255	0	0	
El Calvario	MOR-002	17:15:00	0	157.7	1.5	4.9	1	447.4	42	28.7	29.1	28.5	0	6.9	255	249	0	0	
Rancho el potrerillo	MOR-003	17:15:00	0	201.8	0	0	0	419.5	41	31.1	31.6	30.7	0	6.9	-999	-999	0	0	
CEIEPO	MOR-004	17:15:00	0	43.3	1	6.8	1	426.4	85	15.9	16.4	15.7	0	7.1	255	235	0	0	
Tlaquitenango	MOR-005	17:30:00	0	164.7	1.7	7	0	642.2	40	31.5	31.8	31.4	0	7	255	255	0	0	
Ocuilco	MOR-006	17:15:00	0	33.1	0.5	6.4	10	248.1	73	22.1	22.4	21.8	0	7	255	255	0	0	
El Hospital	MOR-007	17:15:00	0	228	1.5	4.1	0	261.3	58	26.5	26.8	26.3	0	6.9	228	211	0	0	
Ayala	MOR-008	17:15:00	0	233.8	0	0	0	223.2	43	27.8	28	27.6	0	6.9	255	255	0	0	
Axochiapan	MOR-009	17:15:00	0	340.4	1.2	4.5	0	687.7	26	33.2	33.7	32.9	1	6.5	255	255	0	0	
Jonacatepec	MOR-010	17:15:00	0	343	4.8	9.6	0	560.7	38	28.8	29.1	28.4	0	7	216	206	0	0	
Puente de Ixtla	MOR-011	10:30:00	0	135.1	0.3	2.7	0	457.6	82	21.2	21.6	21	0	6.9	255	255	0	0	
Coatetelco	MOR-012	17:15:00	0	26.5	1	4.5	0	673.5	31	30.1	30.9	29.2	0	7	255	206	0	0	
Tepalcingo	MOR-013	17:30:00	0	294.3	3.8	9.8	8	640.8	44	29.7	30.1	29.3	0	6.9	255	255	0	0	
Emiliano Zapata	MOR-015	17:15:00	0	200.6	2	5.7	0	596.8	40	28.4	28.7	28.2	0	7	255	255	0	0	
Tepoztlán	MOR-016	17:15:00	0	113.7	3.8	5.7	0	227.1	51	27	27.6	26.4	0	7	223	213	0	0	
Tlayacapan	MOR-017	17:15:00	0	32.9	1.3	4.5	0	263.2	57	24.1	24.4	23.8	0	7	168	196	0	0	
Tlahizapan	MOR-018	17:00:00	0	338.6	6.3	8	0	322.8	38	31.2	32.2	30.3	0	7	211	211	0	0	
Tetela del Monte	MOR-019	17:15:00	0	9.7	0.2	3.1	0	455.7	57	22.6	22.9	22.5	0	7.1	255	255	0	0	
Tetela del volcán	MOR-020	17:00:00	0.2	38.6	0.2	1.2	0	93.3	100	15.3	15.5	15.2	1	6.7	255	255	0	0	
Tehuixtla	MOR-021	17:15:00	0	0.3	0	0.8	0	151.9	37	31.1	32	30.3	0	7	255	255	0	0	
Huazulco	MOR-022	17:15:00	0	186.6	0	0	0	470.3	51	27.3	28	26.8	0	7	255	255	0	0	
Tlalnepantla	MOR-023	17:15:00	0	71.4	0	0.4	4	81.1	76	20.2	20.5	20	0	7.1	255	255	0	0	
Miacatlan	MOR-024	17:00:00	0	48.9	3.7	9.8	0	453.1	45	30.1	30.4	29.8	0	7.1	249	105	0	0	
Tototlan	MOR-025	17:15:00	0	275	4.8	10	0	188.7	63	23.1	23.2	23	0	7.1	254	108	0	0	
Tenango	MOR-026	17:15:00	0	111.1	5.8	13.1	0	648.8	36	30.5	30.8	30.2	0	7.1	255	102	0	0	

Figura 7. Supervisión de la operación de la red Morelos.

Las herramientas administrativas del configurador de la estación Base A850 permite dar mantenimiento a la configuración de sensores y estaciones, así como administrar permisos de usuarios, en este año se proporcionó al INIFAP Aguascalientes una cuenta de usuario para permitir la extracción de datos por parte del laboratorio del INIFAP ubicado en Aguascalientes. En la figura 8 muestra la página del configurador del A850 con el estado reciente de la información recibida por estación.



Index	Name	Active route	Last slot	Active	Master	First slot	Pmp low	Pmp high	Battery voltage	Power output
3	35267 RANCHO POTRERILLO		5:07:13 03:54 PM	true	true	28:06:13 03:39 PM	6.5	7.2	7.05882	211
7	35273 CIEPO	2:23	5:07:13 03:53 PM	true	true	28:06:13 03:38 PM	6.5	7.2	6.98039	171
20	35287 TLAYACAPAN	27.9	5:07:13 03:53 PM	true	true	28:06:13 03:37 PM	6.5	7.2	6.82353	186
12	35281 AXOCHAPAN	2	5:07:13 03:51 PM	true	true	28:06:13 03:51 PM	6.7	7.2	6.90196	204
6	35284 INFAP	27	5:07:13 03:49 PM	true	true	28:06:13 03:33 PM	6.7	7.2	6.98039	190
15	35288 TEPIC ONIGO	2	5:07:13 03:47 PM	true	true	28:06:13 03:47 PM	6.3	7.2	6.5098	188
8	35241 TLAQUILTENANGO	2	5:07:13 03:46 PM	true	true	28:06:13 03:46 PM	6.3	7.2	7.05882	191
1	50149 TOTOLAPAN	27.9	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:30 PM	6.5	7.2	6.98039	159
2	39178 ENLACE TEPOZTLAN 1		5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:30 PM	6.6	7.2	7.21669	188
9	35285 EL HOSPITAL	21	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.7	7.2	6.98039	221
10	38475 OCUILTICO	2	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.5	7.2	6.98039	188
13	35295 JONACATEPEC	2	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.5	7.2	6.66667	200
18	35283 EMILIANO ZAPATA	2	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.7	7.2	6.98039	197
19	35883 TEPOZTLAN	27.4	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:30 PM	6.6	7.2	6.5098	198
21	38199 TETELA DEL MONTE		5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.6	7.2	7.05882	198
22	36203 TETELA DEL VOLCAN	2:13	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 02:45 PM	6.6	7.2	6.74451	206
23	36371 TEHUXTLA	2	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.3	7.2	7.05882	164
24	36385 HUAZULCO	2	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.5	7.2	6.82353	194
25	36788 TLALIEPANTLA	27.24	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.6	7.2	7.05882	178
28	50163 TENANGO	27.12	5:07:13 03:45 PM	true	true	28:06:13 03:30 PM	6.5	7.2	7.05882	154
16	35291 COATEPELCO	2	5:07:13 03:42 PM	true	true	28:06:13 03:42 PM	6.5	7.2	6.98039	197
11	35293 AYALA	2	5:07:13 03:41 PM	true	true	28:06:13 03:41 PM	6.3	7.2	6.82353	204
26	36369 TLALIZAPAN	2	5:07:13 03:30 PM	true	true	28:06:13 03:30 PM	6.7	7.2	7.05882	192
27	39206 ENLACE TEPOZTLAN 2		5:07:13 03:30 PM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.4	7.2	6.66667	171
6	35286 EL CALVARIO	27	5:07:13 01:36 PM	true	true	28:06:13 03:50 PM	6.5	7.2	6.90196	205
14	35910 PUENTE DE OTLA	2	5:07:13 11:21 AM	true	true	28:06:13 09:05 AM	6.6	7.2	6.66667	186
29	50064 MASCATLAN		5:07:13 03:29 AM	true	true	28:06:13 03:45 PM	6.5	7.2	6.90196	157
17	35285 VILLA DE AYALA		9:10:10 03:51 PM	true	true	21:10:10 03:30 PM	6.5	7.2	6.5098	179
4	40183 PUENTE TEMPORAL 1		9:10:10 03:44 PM	true	true	5:11:26:09 06:00 PM	6.5	7.2	7.13725	192

Figura 8. Monitoreo de la red con software del A850

### 5.3.1 Servicios a estaciones transmisoras.

Para mantener en operación la red eficientemente se requiere realizar mantenimiento preventivo y correctivo a las 25 estaciones.

El mantenimiento preventivo se realizó en octubre, se toman fotos antes y después de cada servicio, ver foto 2. La limpieza del terreno se realiza con desbrozadora y en algunos casos se arranca la hierba con las manos, la limpieza de los sensores se realiza con franela y agua. En el anexo A se tiene el informe de la jornada realizada.



Foto 2. Estación antes y después del mantenimiento.

En el mantenimiento preventivo se utilizan herramientas de limpieza de sensores y terreno, en el mantenimiento correctivo se utilizan las herramientas y equipos de

revisión, reparación, configuración y respaldo en la tabla 5 se tienen las herramientas y equipos.

<b>Limpieza de sensores</b>	<b>Limpieza del terreno</b>	<b>Revisión y reparación</b>	<b>Configuración y respaldo</b>
Escalera Franela Brocha Agua	Desbrozadora Machete Rastrillo	Desarmadores Llave Allen Pinzas de corte Pinzas electricista Cinchos	Registrador A510 Laptop Memoria MMC

Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento

**Mantenimiento correctivo.** A continuación se resumen los mantenimientos correctivos ocurridos durante el proyecto.

Cambio de los pluviómetros de las estaciones de Huazulco y Ocuituco, por no registrar datos de lluvia.

Cambio de los sensores de velocidad del viento en Tlalnepantla y Huazulco por daños en veleta y cazoletas.

Estación de INIFAP se cambió radio A753 Velocidad y dirección del viento, Humedad de la hoja, ver foto 3.

Se cambiaron baterías a las estaciones de Huazulco Tlalnepantla, Tlaltizapan y Hospital.

Reubicación de la estación de Huazulco a las coordenadas 18° 45" 10.6' y 98° 46" 8.1', predio propiedad del Sr. Renato Cerezo. Ver foto 4.



Foto 3. Actualización de la estación INIFAP



Foto 4. Reubicación de la estación Huazulco.

En la temporada de lluvias 2013, se presentaron retrasos en la transmisión de los datos debido a problemas de telemetría atribuidos principalmente a fenómenos meteorológicos como son la lluvia, crecimiento de árboles que obstruyen la línea de vista, magnetismo atmosférico, dirección e intensidad de viento, nubosidad, etc. En estos casos se acude a la estación para obtener los datos manualmente y/o modificar el tiempo de petición de datos en la estación base A850 y posteriormente integrarlos a la base de datos empleando el importador de la estación base.

## En el laboratorio se realizaron reparaciones.

Pluviómetros de la estación de Huazulco y Ocuituco. En las dos estaciones tuvieron fallas en la conexión Y (conecta el pluviómetro y viento), que bloqueaba el registro de datos y se procedió a limpiar el recubrimiento y se colocó pegamento plástico con recubierto de cinta aislante (ver foto 5), se realizaron pruebas de funcionamiento. Se conectó el sensor de viento y lluvia al puerto D del radio (A733) y se ejecutó el programa agrilMME en la computadora (conectada al puerto POWER) para observar el registro de milímetros de lluvia como se muestra en la foto 6, con esta prueba se verifica la transmisión correcta del cable.



Foto 5. Reparación de cable "Y" para pluviómetro y viento.

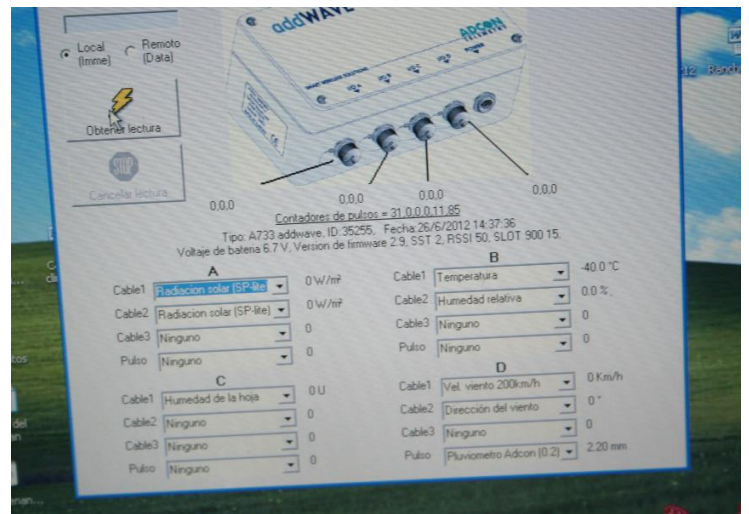
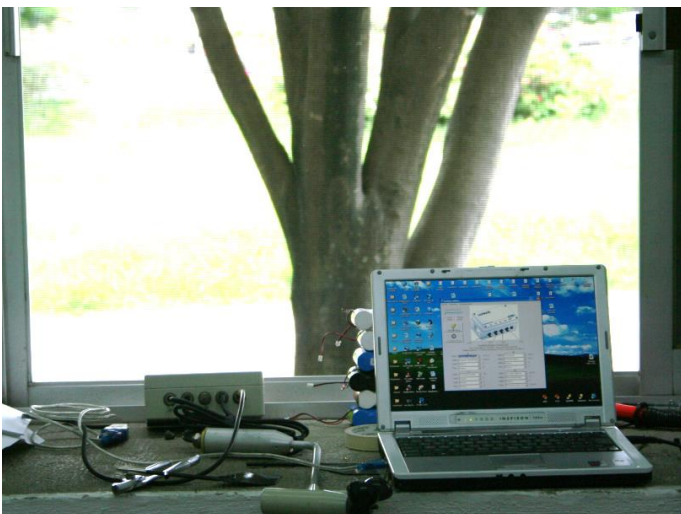


Foto 6. Verificación del cable "Y" sensor velocidad del viento y pluviómetro.



### **5.3.2 Servicio a estación receptora.**

La operación del Radio modem A440, estación Base A850, equipo de cómputo para recepción y sistemas informáticos depende principalmente del mantenimiento preventivo realizado a:

Computadora:

- Respaldo de toda la información del disco duro principal al disco secundario de respaldo, se respalda cada 3 meses (incluye datos y sistemas informáticos).
- Limpieza del disco duro. Borrar archivos temporales, limpieza de cadenas perdidas en el registro del sistema operativo y desfragmentación de disco duro.
- Aspirado interno de la computadora y monitor.

### **Estación base A850**

En el configurado de la estación base A850 se realiza la supervisión, mantenimiento y administración de las estaciones en cuanto a:

Modificar el envío de datos a través de cambiar el enlace y/o estación para llegar los a la estación receptora. En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo de información actual de las estaciones, enlaces y la receptora.

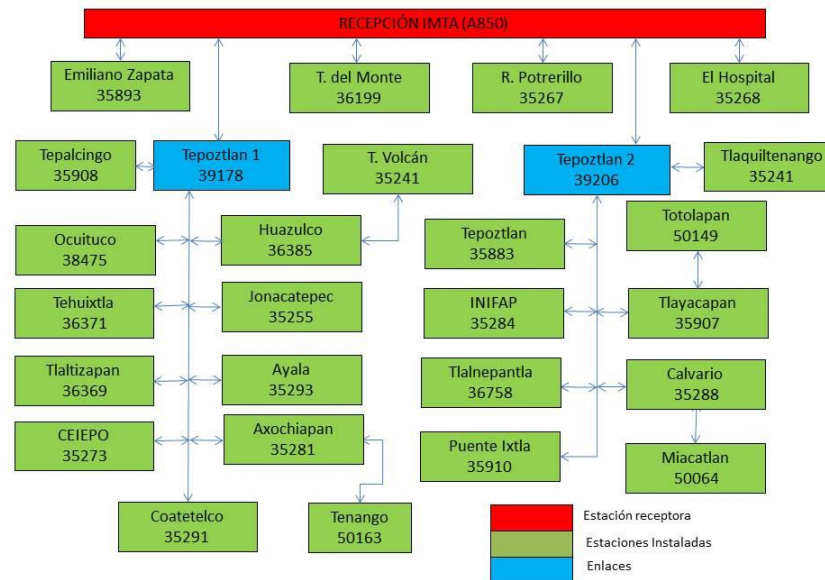


Figura 9. Flujo de información entre transmisores y receptor.

### Calidad de los datos.

La finalidad del control de calidad de los datos es detectar errores en el contenido de las observaciones meteorológicas y si es posible, corregirlas (WMO, 1993). En la estación o en equipo de procesamiento de datos. En nuestro caso se hace en el procesamiento de los datos, con el objetivo de verificar los errores de cifrado y codificación, la coherencia interna, la coherencia temporal y espacial y los límites físicos y climatológicos. El conjunto de procedimientos para validación y corrección de los datos generados se utilizan en tiempo real o después que los datos ya han sido almacenados.

**Pruebas de errores de medición de la variable ocasionado por el sensor.** Se detecta mediante el monitoreo de los límites mínimo y máximo definidos por el fabricante (ver tabla 6) de cada sensor definidos en el configurador del A850 ver la figura 10, si el equipo está fuera de rango envía una alarma al correo proporcionado para recibir alarmas de la red de estaciones.



Variable	Unidad	Rango
Temperatura del aire	°C	-40/60
Humedad Relativa del aire	%	0/100
Velocidad de viento	m/s	0/75
Dirección de viento	Grados	0/360
Radiación Solar	W/m2	0/1400
Precipitación en 10 min	Mm	0/50

Tabla 6. Rangos de medición de los sensores

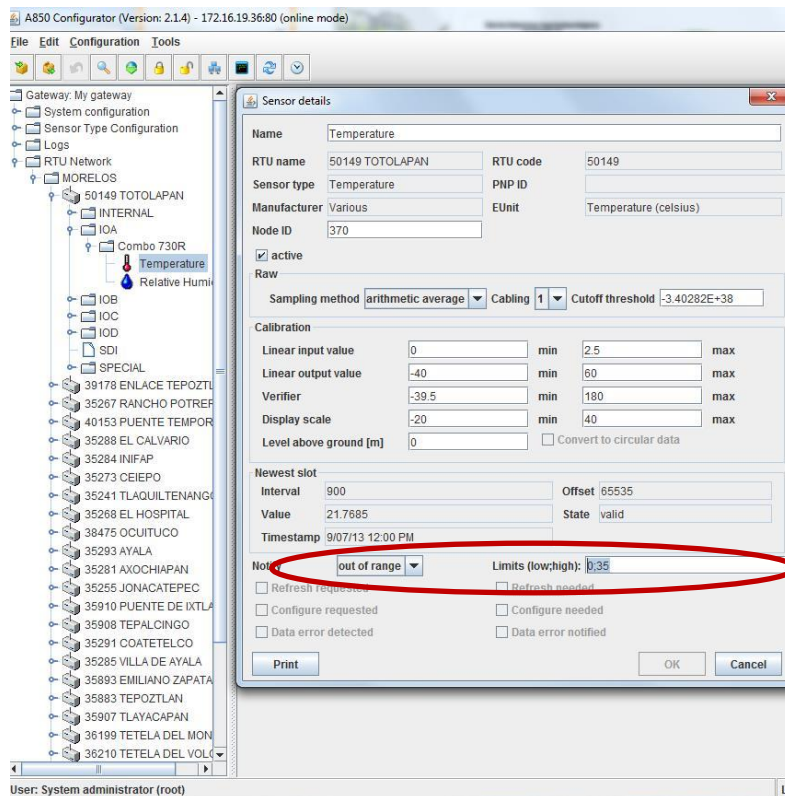


Figura 10. Configuración de límites

**Pruebas de Identificación e integridad.** Se valida que la información generada por cada sensor se ordene y guarde en forma cronológica por estación y variable, mediante la definición de tipos de datos, índices y campos autoincremento secuencial en cada registro de la base de datos en MYSQL. El control de datos faltantes de una estación o sensor en la base de datos, se hace en forma automática en la base de datos con el registro de fecha, para recuperar la información se obtiene de la estación con atraso de esta.

**Pruebas de rango dinámico.** Con el fin de tener un mejor control en el deterioro de los sensores y equipo instalado en cada estación se generan rangos mínimos y máximos diarios en función de las mediciones registradas en cada estación para los

6 años de datos históricos, contra estos rangos se valida la información que llega a la base de datos de los sensores de temperatura, Humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, en la figura 11 se muestra los valores mínimos y máximos para la temperatura y radiación Solar, en cada estación en la fecha actual.

Temperatura y Radiación solar (mínima y máxima) por día

Fecha: 2013-05-15

Estación	TMin	TMed	TMax	RadMin	RadMax
INIFAP	17.30	26.27	37.30	0.00	1,228.80
Calvario	17.80	26.45	35.80	0.00	1,082.80
R.Potrerrillo	18.00	27.00	37.30	0.00	569.00
CEEPO	7.00	13.40	19.70	0.00	1,043.70
Tlaquilenango	17.90	27.06	37.50	0.00	1,043.20
Ocuituco	14.10	21.50	30.30	0.00	897.70
Hospital	14.70	24.20	33.90	0.00	974.40
Ayala	17.60	25.17	34.80	0.00	785.30
Axochiapan	16.50	26.71	36.60	0.00	1,079.40
Joncatepec	14.80	24.24	33.50	0.00	1,055.70
P.ktla	18.40	26.91	36.90	0.00	1,082.30
Coatetelico	17.90	26.16	36.00	0.00	1,063.20
Tepalcingo	18.00	26.17	35.50	0.00	1,090.10
E.Zapata	16.50	23.66	34.30	0.00	957.80
Tepoztlán	15.20	23.90	34.70	0.00	1,091.10
Tlayacapan	13.40	21.29	30.50	0.00	985.10
Tlaltizapan	17.50	25.56	36.30	0.00	995.40
T.Monte	12.90	19.06	28.40	0.00	1,069.10
T.Volcan	10.80	17.50	27.90	0.00	791.20
Tehuixtla	18.50	27.24	38.90	0.00	641.30
Huazulco	16.70	23.21	32.50	0.00	881.10

Figura 11. Valores mínimos y máximos

#### 5.4. Prototipo de los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad de la hoja compatible con el equipo instalado validado.

Actualmente la red de estaciones agrometeorológicas de Morelos cuenta con sensores y equipo de telemetría marca AdCon, que opera correctamente, sin embargo es necesario replantear el futuro de las estaciones y considerar una alternativa el uso de sistemas abierto que permitan integrar otras tecnologías diferente a la instalada, como desarrollos propios. En este proyecto se diseña e implementan dos prototipos 1. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa y 2. Sensor de Humedad de la Hoja. En la implementación se consideran los siguientes requerimientos:

- Compatible con la tecnología instalada. Considerar la integración de datos en la unidad remota de telemetría A733.
- Utilizar tecnología de bajo costo que permita su adquisición y/o construcción por las Fundaciones Produce del País.

- El diseño debe ser modular que permita cambiar partes sin afectar el resto del sensor.
- Las constantes de calibración se incorporaran al módulo del sensor (offset)

### Desarrollo de prototipos

1. Estudio de la situación actual y tendencia futura de la tecnología utilizada para medir variables agrometeorológicas.

Se investigó el uso de micro circuitos electrónicos (Microchips) utilizados en sensores y/o transductores electrónicos, así como los componentes necesarios para realizar las mediciones físicas.

Los Sensores Inteligentes (Smart sensor) integran elemento sensor (o transductor), microprocesador en una unidad, logrando capacidades de medición y de procesamiento en una pequeña unidad; además, se agregan capacidades de comunicación, configuración, manejo de energía, autodiagnóstico y autocalibración. En la siguiente figura 12, se muestran los elementos típicos del sensor inteligente.

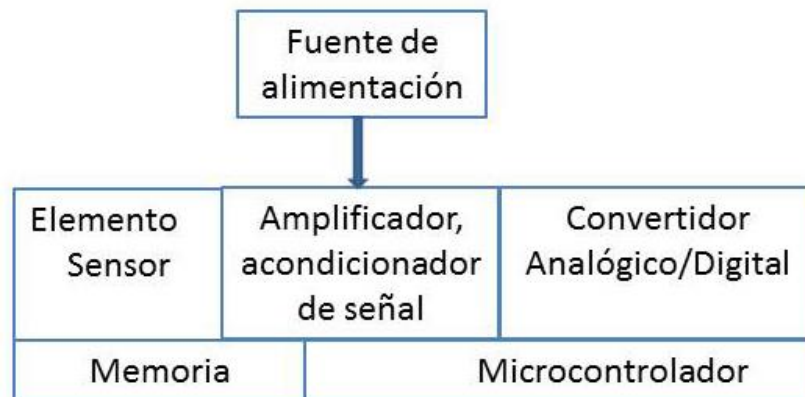


Figura 12. Sensor Inteligente

Los fabricantes ofrecen sensores inteligentes para aplicaciones específicas, en nuestro caso requerimos crear nuestro propio sensor utilizando componentes en una tarjeta impresa.

Se realiza una búsqueda de circuitos integrados que puedan obtener las variables físicas de Temperatura Humedad relativa y Humedad de la Hoja. La selección:

Temperatura y Humedad relativa el micro SHT75 de precisión

Humedad de la hoja el SHT-012.

El Microcontrolador seleccionado es el ATMEGA328 por ser de alto rendimiento, uso general y compatible con la tecnología arduino uno.

No se requiere fuente de alimentación, se utiliza la proporcionada por el radio A733.

No requiere memoria adicional, se utiliza la del radio A733

2. Uso de herramientas libres de hardware y software para implementar los prototipos de sensores.

Para realizar el diseño y simulación de prototipos se utilizó el software Proteus.

La comunicación entre sensor y salida analógica se logra a través conectar y programar el microcontrolador, utilizando la plataforma de desarrollo de arduino uno, el cual utiliza el lenguaje de programación Processing/Wiring.

Se realizaron pruebas físicas para verificar el diseño de los sensores, como se muestran en la foto 7.

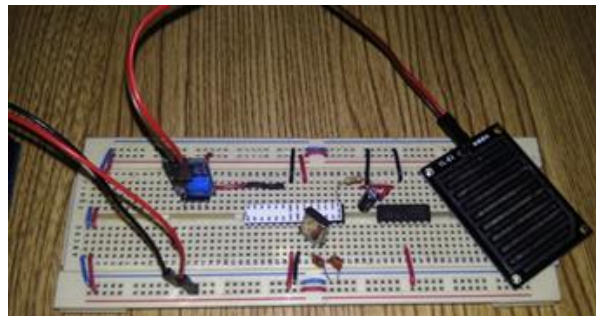
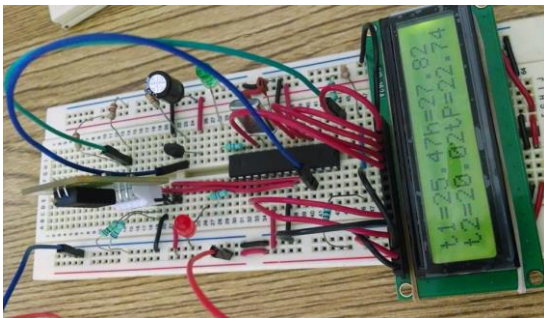


Foto 7. Pruebas a los prototipos.

En estas pruebas se procedió a conectar cada sensor en el puerto D del radio A733 marca Adcon utilizando la misma configuración de cable de los sensores proporcionados por AdCon.

### 3. Resultado final de prototipos

Se tiene la tarjeta impresa con componentes electrónicos instalados. Después de realizar las pruebas y las comparaciones con otros transductores (micro circuitos), se procedió a diseñar la tarjeta impresa en la que se instalaron y conectaron los componentes, en la foto 8 se muestran los prototipos. Para más información consultar las fichas técnicas en el anexo C.

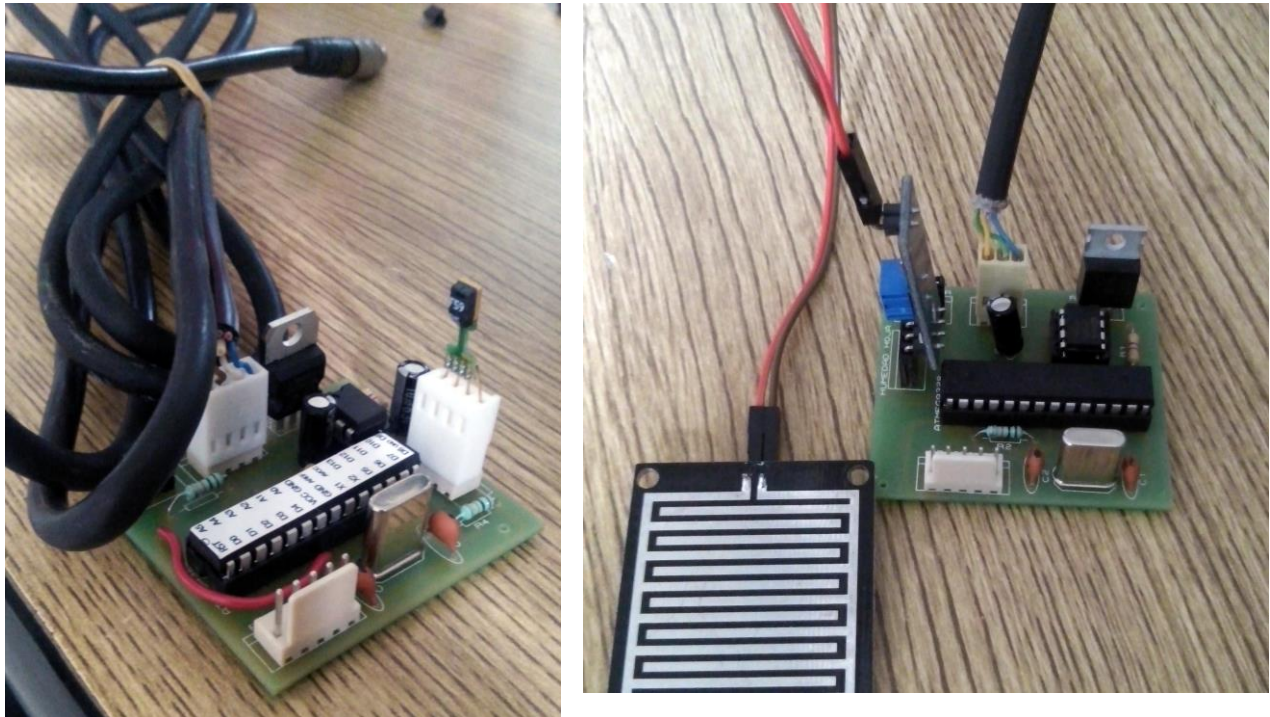


Foto 8. sensores de temperatura H.R. y Humedad Hoja

## **6. Impacto esperado.**

### **6.1. Geográfico**

Se continúa con el registro histórico de datos meteorológicos en las principales zonas agrícolas del estado de Morelos. Con este registro histórico será posible realizar una mejor caracterización climática de la región que contribuya al mejoramiento de la práctica agrícola de la entidad.

### **6.2. Sectorial**

El clima y el tiempo son variables naturales que pueden afectar o beneficiar a la producción agraria. Su influencia en un cultivo determinado depende de las características de la localidad geográfica y de las condiciones de producción. El objetivo de la red de estaciones agrometeorológicas es incrementar la capacidad del sector agrario para comprender y responder a la variabilidad del clima y el tiempo, con el fin de reducir la incertidumbre de los agricultores ante decisiones afectadas por factores meteorológicos de la región.

### **6.3. Económico**

La inversión económica realizada en la tecnología ayuda a obtener información más confiable que es utilizada por los modelos matemáticos que generan pronósticos del estado del tiempo más precisos, con los cuales nos permite planear cada etapa del proceso de producción (siembra, riego, cosechas, trabajos requeridos por los cultivos) agroalimentaria y evitar la pérdida de cosechas y en consecuencia se incrementa la competitividad y sustentabilidad de las cadenas agroalimentarias y agroindustriales, propiciando que la sociedad en general, reconozca la importancia de la generación y transferencia de tecnología en el desarrollo regional.

### **6.4. Social**

Con los registros climáticos obtenidos por la red se logra ofrecer a los productores agropecuarios información meteorológica en tiempo real, aplicada a los procesos de producción y protección ante clima adverso, a la población civil se ofrece la información al instante para prepararse en caso de condiciones climatológicas peligrosas con el fin de tomar medidas de prevención ante el riesgo de la pérdida de vidas humanas en casos extremos.



## **6.5. Ambiental**

Según PNUD (1991), es cierto que el aumento de la producción alimentaria en los países en desarrollo se ha convertido en una necesidad desde mediados del decenio de 1980; y es preciso lograr que la misma se haga bajo los principios de sostenibilidad. El reto con que se enfrentan hoy los agricultores es, por lo tanto, encontrar un equilibrio entre impulsar la producción agropecuaria para alimentar a las poblaciones en expansión y adoptar métodos agrícolas ambientalmente sostenibles que no agoten los recursos naturales necesarios para las décadas futuras de la Agricultura.

Se hace necesario, conociendo los impactos que la agricultura ha realizado sobre el suelo y otros recursos de la naturaleza y la importancia que tiene la misma para el alimento de las presentes y futuras generaciones, realizar estudios que permitan orientar la actividad agrícola sin comprometer el entorno.

## **7. Productos, resultados y conclusiones.**

### **7.1. Productos**

- Una red compuesta por 25 estaciones agroclimatológicas automáticas validadas, operando y transmitiendo los datos a tiempo real con registros cada 15 minutos de las variables de Temperatura, Precipitación, Humedad relativa, Humedad de hoja foliar, Velocidad y dirección del viento.
- El sistema informático automatizado para la recepción, almacenamiento, organización, exportación y difusión de los datos.
- Portal Web para la consulta de la información meteorológica a tiempo real.
- Sistema de administración de información de la red de estaciones agrometeorológicas de Morelos.
- Prototipo del sensor de temperatura y Humedad Relativa.
- Prototipo del sensor de Humedad de la Hoja.

### **7.2. Resultados**

- Mantener en operación la red de estaciones en condiciones operativas óptimas, mediante el mantenimiento y la verificación de sensores en campo.
- Base de datos de la información registrada en disco compacto y con respaldos en IMTA e INIFAP.
- Portal electrónico actualizado y en funcionamiento acorde al nuevo equipo de cómputo y software instalado en el IMTA y a las necesidades del sistema producto.
- Se realizó el mantenimiento preventivo y correctivo de 25 estaciones, estación receptora y equipo de cómputo.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

Se concluye el proyecto, con 25 estaciones agroclimatológicas operando correctamente. Este proyecto multidisciplinario e interinstitucional, nos da la oportunidad de un mejor conocimiento de las condiciones meteorológicas y climatológicas de la región, con lo cual es posible incrementar la capacidad del sector agrario para comprender y responder al tiempo y clima, con el fin de reducir la incertidumbre de los agricultores ante decisiones afectadas por factores meteorológicos de la región.

En la medida que esta información esté disponible y sea confiable, la planificación, ejecución y operación de los proyectos responderán en mayor forma a las necesidades reales de la región, ofreciendo a los productores agropecuarios información meteorológica en tiempo real aplicada a los procesos de producción ante clima adverso.

Con el cambio de los sensores de viento y pluviómetros construidos con partes de plástico por equipo construido de aluminio se logra mejorar la red y cumplir con las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial.

El beneficio más importante del sistema de administración es llevar a cabo la planeación al día de los sensores candidatos a ser reemplazados, en función de su vida útil, del daño ocasionado por condiciones ambientales adversas y daños por vandalismo. En consecuencia permite tener un programa anual de adquisiciones.

## 9.- Bibliografía.

1. Measurement of Meteorological Variables- Part 1 WMO, 2009.
2. Observing Systems- Part 2 WMO, 2009.
3. Guía práctica para la implementación de un sistema de gestión de calidad para servicios hidrológicos y meteorológicos naciones WMO, 2011.
4. Villalpando, J; Ruiz, A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p.
5. Jacob Fraden. 2004. Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications. Editorial Springer.
6. Sabrie Soloman. 2010. Sensors Handbook editorial Mc. Graw Hill

## Páginas Web

1. <http://www.adcon.at/>
2. <http://www.monografias.com/trabajos17/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml>
3. <ftp://ftp.wmo.int/Documents/MediaPublic/Publications/>
4. <http://www.agroson.org.mx>
5. <http://www.sica.gov.ec/agro/docs/reghidricos.htm>
6. <http://www.fundacionquanajuato.com/CGI-BIN/Clima/docvar.htm>
7. <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications-IOM-series.html>
8. <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php?name=Manualsgeneral>
9. [http://www.bom.gov.au/wmo/quality\\_management.shtml](http://www.bom.gov.au/wmo/quality_management.shtml)

## 10. Anexos. Listado de anexos incluidos en el CD

Con el presente informe se incluye un CD que incluye los siguientes anexos:

<b>Anexo</b>	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	Reporte de mantenimiento preventivo.	Reporte de la jornada de mantenimiento por estación.
<b>B</b>	Sistema de administración de información de la Red Morelos.	Describen el procedimiento a seguir en la instalación y mantenimiento de las estaciones. Describe el procedimiento de recopilación hasta la publicación de los datos.
<b>C</b>	Fichas técnicas sensores de: 1. Temperatura y Humedad Relativa. 2. Humedad de la Hoja.	Datos técnicos de cada prototipo.
<b>D</b>	Datos.	Base de datos completa (2006- mayo 2014) en formato CSV (separado por comas) por año y por estación.