



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

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

**PROYECTO**

ESTABLECIMIENTO DE RED DE ESTACIONES  
AGROCLIMATOLÓGICAS EN LAS PRINCIPALES REGIONES  
AGROPECUARIAS DEL ESTADO DE MORELOS (OPERACIÓN,  
MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE REDES DE ESTACIONES  
AGROCLIMATOLÓGICAS) TH1010.4

**INFORME FINAL**

**PRESENTA A:**

**FUNDACION PRODUCE DEL ESTADO DE MORELOS A.C.**

**Participantes:**

Dr. Efraín Cruz Cruz  
Dr. René Lobato Sánchez  
Dr. Juan de Dios Bustamante Orañegui  
M.S.I. Esteban Pardo García  
L.I. José Guadalupe Rosario de la Cruz

**2010-2011**

## Índice de contenido

1.- Introducción.....	3
1.1.- Antecedentes.....	4
2.- Objetivos.....	5
3.- Metas.....	6
4. Red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.....	7
4.1 Descripción de las variables meteorológicas.....	7
4.2. Componentes de la red estaciones agroclimatológicas.....	9
4.2.1. Estación transmisora.....	9
4.2.2. Estación receptora.....	10
4.3. Arquitectura de la red agroclimatológica.....	13
4.4. Ubicación de las estaciones agroclimatológicas.....	14
5. Actividades del proyecto.....	15
5.1. Reuniones periódicas.....	15
5.2. Mantenimiento al equipo informático y actualizaciones del portal de Internet.....	15
5.2.1. Mantenimiento al equipo informático.....	15
5.2.2. Actualización del portal de Internet.....	16
5.2.3. Software de almacenamiento, procesamiento y difusión de la información.....	16
5.2.4. Respaldo de información.....	17
5.3. Mantenimiento a la red de estaciones.....	17
5.3.1. Mantenimiento a las estaciones transmisoras.....	17
5.3.1.1. Jornadas de mantenimiento.....	19
5.3.2. Mantenimiento a la estación receptora.....	20
5.3.3. Herramientas, materiales y equipo utilizado en mantenimiento.....	20
5.4. Reubicación de la estación de Axochiapan .....	22
5.5. Instalación de sensores de humedad del suelo.....	22
5.6. Adquisición de refacciones .....	24
6. Impacto esperado.....	25
6.1. Geográfico.....	25
6.2. Sectorial.....	25
6.3. Económico.....	25
6.4. Social.....	25
6.5. Ambiental.....	26
7. Productos y resultados.....	27
7.1. Productos.....	27
7.2. Resultados.....	28
8. Conclusiones y recomendaciones.....	29
9. Bibliografía.....	30
10. Anexos. Listado de anexos en el CD.....	31

## Índice de tablas

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas por etapa.....	4
Tabla 2. Componentes de la estación transmisora.....	10
Tabla 3. Componentes de la estación receptora.....	11
Tabla 4. Listado de las estaciones del estado de Morelos.....	14
Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento.....	20
Tabla 6. Listado de refacciones.....	24

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de los componentes de la estación.....	9
Figura 2. Esquema de instalación de A440.....	12
Figura 3. Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.....	13
Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones del estado de Morelos..	14
Figura 5. Sensores de humedad del suelo con A512.....	23

## Índice de fotografías

Foto 1. Instalación recomendada de la estación agroclimatológica.....	9
Foto 2. Prueba de telemetría para reubicar la estación de Axochiapan .....	15
Foto 3. Menú de reporte de lluvia.....	16
Foto 4. Reporte de lluvia.....	16
Foto 5. Enlace en la estación de CEIEPO.....	18
Foto 6. Cambio de batería en los enlaces.....	18
Foto 7. Estación antes de mantenimiento.....	19
Foto 8. Estación después de mantenimiento.....	19
Foto 9. Limpieza de sensores. ....	19
Foto 10. Ubicación anterior y actual de la estación.....	22
Foto 11. Ubicación actual de la estación. ....	22
Foto 12. Instalación de sensores de Humedad del suelo.....	23
Foto 13. Ubicación de la interface A512.....	23

## 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 “Operación y mantenimiento de la red agroclimatológica del 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 A840 y equipo informático), realizar la calibración de los sensores meteorológicos de las estaciones con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos 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 agroclimatológica 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 agroclimatológicas del estado de Morelos se implementó en tres etapas, entre los años 2006 y 2007, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas por etapa.

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

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 A840.
3. Seguridad de las estaciones en campo.
4. Contar con el permiso del productor cooperante.

## 2. Objetivos

Los objetivos principales del proyecto son:

- 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

- Visitar periódicamente cada una de las estaciones agroclimatológicas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, asegurando en todo momento la integridad física de la estación y el buen estado de los sensores.
- Contar con refacciones oportunamente, de acuerdo con el presupuesto, para el reemplazo inmediato de los componentes susceptibles de daños.
- Supervisar constantemente la transmisión de los datos de cada una de las estaciones, para detectar anomalías y retrasos en el envío de los datos, así como posibles daños físicos que pudieran tener cada una de las estaciones agroclimatológicas.
- Monitoreo constante de la estación base A840 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 a la página WEB para satisfacer las necesidades de información del productor agropecuario de Morelos y público en general.
- Promover y difundir la existencia de las estaciones agroclimatológicas del Estado de Morelos, así como garantizar la disponibilidad de los datos a tiempo real y de manera gratuita.
- Reubicar las estaciones de mayor riesgo de ser sujetas de vandalismo.

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

La red de estaciones agroclimatológicas del Estado de Morelos está compuesta por 22 estaciones transmisoras marca Adcon Telemetry, dos enlaces (repetidoras) y la estación receptora.

### 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° es el norte, 90° es el este, 180° es el sur y 270° 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 equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie 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 [ $w/m^2$ ]. 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 agroclimatólogicas

### 4.2.1. Estación transmisora

Las estaciones agroclimatólogicas 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 la realiza el radio registrador A733. En la foto 1 se ilustra la forma recomendada para la instalación de la estación en campo y en la tabla 2 se describen brevemente los equipos de la estación agroclimatólogica.

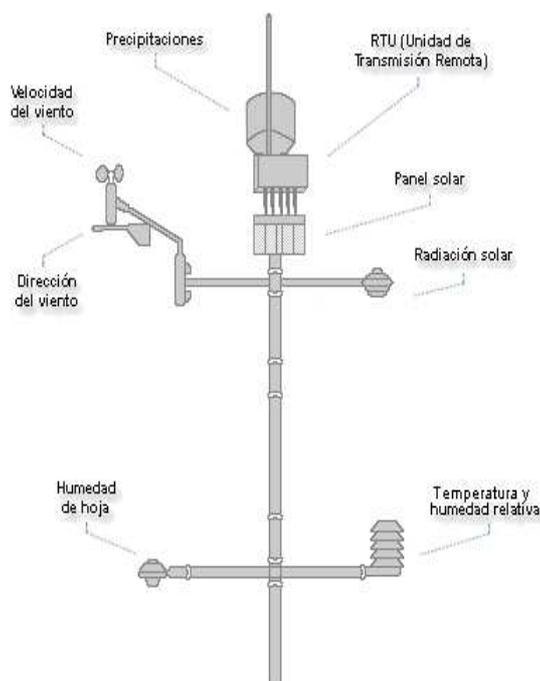


Figura 1.- Esquema de los componentes de la estación



Foto 1.- Instalación recomendada de la estación agroclimatólogica.

Tabla 2.- Componentes de la estación transmisora.

Componente	Nombre/Descripción
	<b>UTR A733 (Transmisor):</b> Recibe datos de los sensores, guarda en memoria, hace promedio, suma y transmite a la base receptora A840 a través de ondas de radio.
	<b>Panel solar:</b> Convierte la energía solar en eléctrica y carga la batería interna del UTR A733 que alimenta el transmisor y sensores.
	<b>Sensor</b> de temperatura del aire y la humedad relativa.
	<b>Piranómetro:</b> Registra la radiación solar global.
	<b>Anemómetro y veleta:</b> Registra la velocidad y dirección del viento.
	<b>Humedad de la hoja.</b> Registra la humedad del follaje del entorno por conductividad.
	<b>Pluviómetro:</b> Registra la lluvia acumulada en el tiempo.

#### 4.2.2. Estación Receptora

El sistema de recepción de datos se encarga solicitar y recibir datos de las 22 estaciones a través de ondas de radio, está integrada por el radio Modem Inalámbrico A440 con antena, la estación base A840 (A850), el software exportador de datos A2A, el software administrador Addvantage 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

Componente	Nombre/Descripción
	<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 A840. Altura mínima 30m entre el A440 y A840.</p>
	<p><b>La estación Base A840.</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 A840 (aproximadamente 30 días). Envía los datos al Laboratorio de Sensores Remotos del INIFAP a través de Internet.</p>
	<p><b>Software exportador A2A.</b> Extrae la información de la estación base A840 y genera archivos de datos tipo ("estación.dat") Excel de Microsoft por día. Se almacenan por defecto en la carpeta.</p> <p>Addvantage Pro 5.4. Servidor de datos que permite administrar la información generada por la red de estaciones y ofrecer consultas graficas.</p>

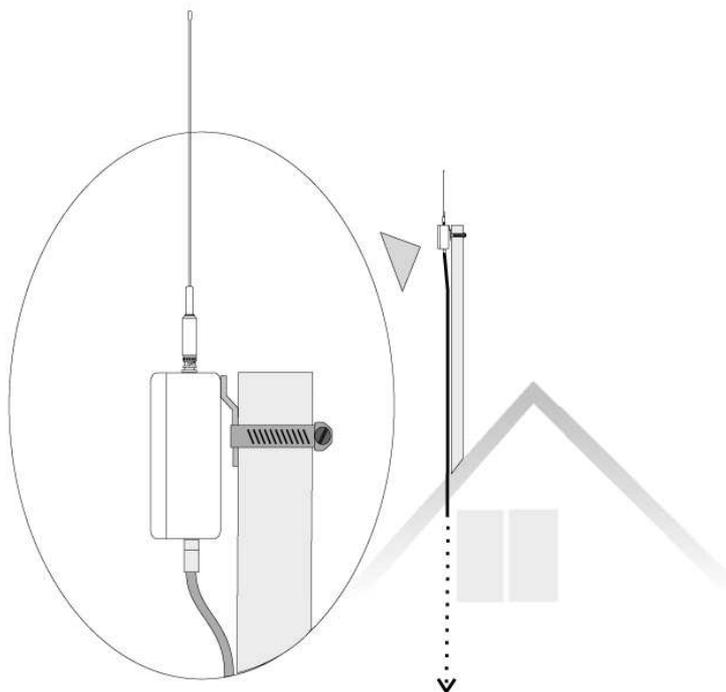


Figura 2. Esquema de instalación del modem A440

### 4.3. Arquitectura de la red agroclimatológica.

La tecnología Adcon Telemetry consta de una base receptora A840 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 A840 o enlace para retransmitir la señal hasta llegar a la estación base A840. 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 agroclimatológica mediante una conexión a Internet.

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

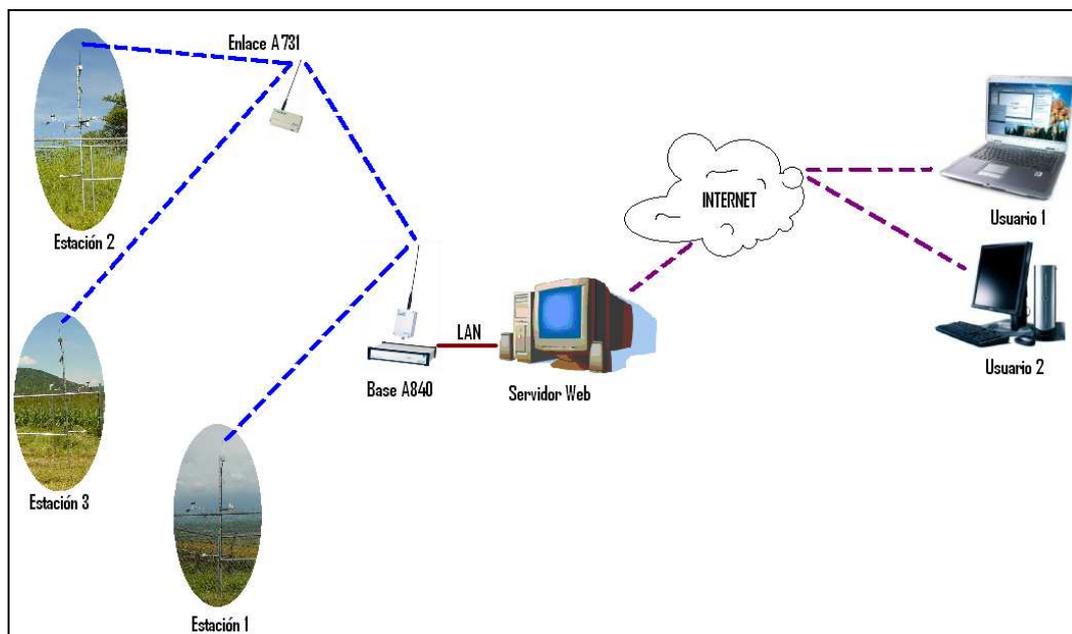


Figura 3. –Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.

La base receptora A840 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 A840 el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, se conecta a través de Internet para acceder, descargar, almacenar y procesar los datos para su difusión diaria en la página web <http://clima.inifap.gob.mx> (los datos históricos no están disponibles al público en general).

Internamente en el IMTA se extraen los datos del A840 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 agroclimatológicas

En la tabla 4 se proporciona el listado de las 22 estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos y en la figura 4 se ilustra su ubicación.

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

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 Potrillo	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	Tlaquitenango	Tlaquitenango	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	18.7548	-97.1901	1538	Sr. Crisoforo Caporal Aparicio
MOR-023	Tlalnepantla	Tlalnepantla	19.0115	-97.0032	2085	Consejo Municipal de Nopaleros A.C.

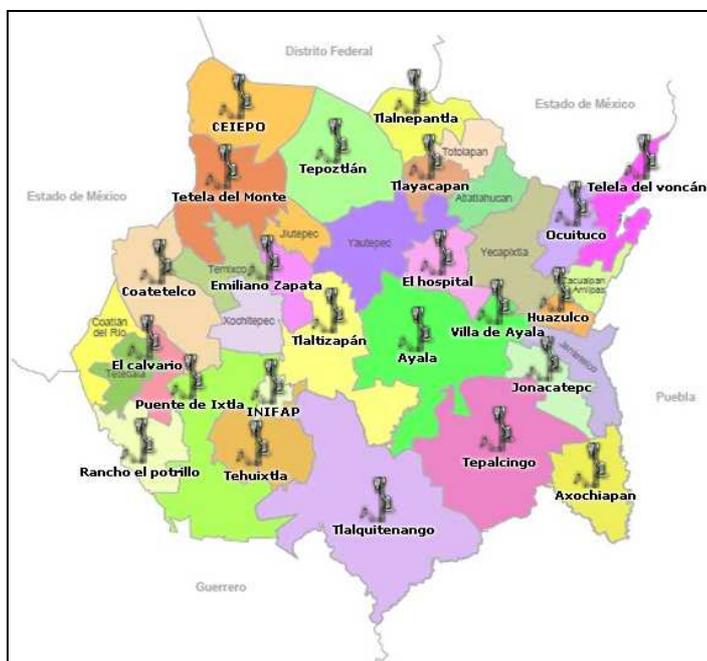


Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones del estado de Morelos.

En el anexo B se presenta las imágenes de ubicación de las 22 estaciones.

## 5. Actividades del proyecto

### 5.1. Reuniones periódicas con el personal de la Fundación Produce de Morelos

Durante todo el año se realizaron reuniones periódicas con el personal de la Fundación Produce de Morelos y el INIFAP. En las reuniones se realizaron presentaciones de avance del proyecto, entrega de documentación (reportes físicos, oficios, avisos, etc.), recorridos de supervisión y búsqueda de sitios de reubicación de las estaciones agroclimatológicas, ver la figura 2 de reubicación de la estación de Axochiapan.



Foto 2. Prueba de telemetría para reubicar la estación de Axochiapan

### 5.2. Mantenimiento al equipo informático y actualizaciones al portal de Internet

#### 5.2.1. Mantenimiento al equipo informático

Las actividades realizadas de mantenimiento al equipo informático son:

- Computadora. Limpieza y aspirado
- Formateo de disco duro, desfragmentación.
- Reinstalación del sistema operativo y las aplicaciones requeridas para la recepción, almacenamiento y distribución de los datos de las estaciones agroclimatológicas. Instalación de antivirus para la protección del equipo.
- Se reprogramaron los modelos agroclimatológicos con el lenguaje de programación PHP, para que sea mas compatible con la programación de la página WEB.



- GrADS (Graficador de mapas y contornos climáticos).
- PHPlot (Librerías para realizar graficas de barras y de líneas dentro de una página WEB).

#### **5.2.4. Respaldo de información**

La información generada por las estaciones agroclimatológicas se encuentra almacenada en tres sitios, el primero corresponde a la PC conectada directamente a la base A840, en esta PC se corre el software A2A que exporta la información a ASCII; en segundo lugar, desde el servidor “galileo” se extraen los datos de la PC y se almacenan en una base de datos en MySQL, la misma que es consultada por el portal de Internet; en tercer y ultimo lugar, los datos se respaldan en CD’s al finalizar el año, en el anexo C se tiene los datos.

### **5.3. Mantenimiento a la red de estaciones**

#### **5.3.1. Mantenimiento a las estaciones transmisoras**

Se realizaron dos jornadas de mantenimiento preventivo a las 22 estaciones y en algunas estaciones fue necesario proporcionar un tercer mantenimiento, para mas detalles ver los informes en el anexo dd. Al termino del proyecto las 22 estaciones agroclimatológicas operan correctamente con una eficiencia mayor del 80%.

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

Mediante el monitoreo de las estaciones durante las lluvias del mes de Febrero 2010 se detecto que las estaciones de Coatetelco y Jonacatepec no registraban lluvia, se procedió a revisarlas en campo y se eliminó un panal de avispas en el pluviómetro de la estación de Coatetelco, en la estación de Jonacatepec se cambió el pluviómetro por fallas en los cables.

Como en otros años, 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.

La estación de CEIEPO presento problemas de transmisión por el crecimiento de los árboles ocasionando la obstrucción de la línea de vista entre los enlaces y las estaciones más cercanas, se soluciono el problema colocando un repetidor mas alto en el edificio de las oficinas del CEIEPO, ver la foto 5 de la ubicación del enlace del CEIEPO.

Se cambiaron baterías a las estaciones de Tepoztlán, Tlayacapan, CEIEPO, Tlalnepantla, Coatetelco y los enlaces de Tepoztlan1 y Tepoztlán 2, ver la foto hh de cambios de batería en enlaces.



Foto 5. Enlace en estación de CEIEPO.



Foto 6. Cambio de batería en los enlaces.

### 5.3.1.1. Jornadas de mantenimiento

En el mantenimiento preventivo se realizaron 2 jornadas, en las cuales se toman fotos antes y después, ver las fotos (foto 17, 18). La limpieza del terreno se realiza con machete, desbrozadora y en algunos casos se arranca la hierba con las manos. La limpieza de los sensores se realiza con una franela y agua. En el anexo A se tienen los informes de las dos jornadas.



Foto 7.- Estación antes de mantenimiento.



Foto 8. Estación después de mantenimiento.



Foto 9. Limpieza de sensores.

### 5.3.2. Mantenimiento a la estación receptora

En la estación receptora se presentaron fallas en la recepción de datos por el virus informático que llegó a través del emulador de comandos de la estación base A840 (programa que se ejecuta en ambiente internet), este virus alteró las fechas en la configuración del A840, generando conflictos por fechas en cada estación y el A840, Se procedió a formatear disco duro del equipo de cómputo y reinstalar las aplicaciones empleadas en la recepción, manejo de los datos y antivirus, también se actualizó el cortafuegos utilizado en los servidores principales de la red de internet IMTA. Posteriormente se formatearon todas las memorias de los radios registradores A733 y la memoria del A840, con esto se reinició todo el proceso de transmisión y recepción de datos sin problemas.

El sistema operativo del A840 sufrió ataques de hacker generando alarmas en los administradores de la red de Internet IMTA quienes bloquearon la dirección IP temporalmente, se procedió a reiniciar el A840 quitando la batería para borrar toda la información que pudiera estar almacenada en memoria; con esto se solucionó el problema.

### 5.3.3. Herramientas, materiales y equipos utilizado en el 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 Silicón	Registrador A510 Laptop Memoria MMC

Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento

## 5.4. Reubicación de la estación del Axochiapan.

La estación de Axochiapan tiene poca seguridad en cuanto a actos de vandalismo e incendios, por lo que se inició el proceso de la reubicación a un sitio más seguro. Se visitó al director del CBTA 129 para solicitar el permiso de instalar la estación dentro de las instalaciones de la escuela, el director accedió a nuestra petición y se iniciaron las pruebas para localizar el sitio apropiado libre de obstáculos y alejada de las aulas de clases, ver imágenes del nuevo sitio.



Foto 10. Ubicación anterior y actual de la estación.

Foto 11. Ubicación actual de la estación.

## 5.5. Instalación de sensores de humedad del suelo

Se instalaron 3 sensores de humedad del suelo marca Adcon modelo Watermark con interface A510 que permite conectar los 3 sensores a la entrada del radio registrador A733 m. Los sensores se instalaron a una distancia de 1 m de la base del tronco de la planta de aguacate y a 90 cm, 60cm y 30 cm de profundidad y están a 2.5 m de distancia de la estación de Tétela del Volcán. Posteriormente se configuraron en la base A840 con el fin de publicar los datos mediante una aplicación para (no implementada) ambiente WEB que se integrará al portal de la red de estaciones. En la figura 5 se muestran los sensores con la interface A512 y en las fotografías se observan los sensores e integrador A512 instalados.



Figura 5. Sensores de humedad del suelo con A512



Foto 12. Instalación de sensores de  
Humedad del suelo.



Foto 13. Ubicación de la interface A512

## 5.6. Adquisición de refacciones

Una de las acciones que contribuyen la atención inmediata ante fallos en las estaciones, corresponde a la adquisición anticipada de refacciones. En este año la compra de refacciones se realizó directamente a través de la Fundación Produce Morelos. Se compraron las siguientes refacciones (tabla 6).

Tabla 6. Listado de refacciones

Cantidad	Descripción
1	Sensor de temperatura y Humedad relativa
3	PANEL SOLAR PARA A73X 460 MA
3	Sensor de Humedad del suelo Watermark
1	Interface para sensor de Humedad Watermark
1	Sensor de velocidad y dirección del viento
1	Sensor de Humedad de la Hoja WET
3	Pluviómetros WMO 0.2 mm
1	Estación Base A850
1	Actualización A850 5>100 RTU's
4	BATERIA RECARGABLE PARA A73X
	Actualización del Advantage pro de la 5.0.3 a la versión 5.4 asientos /30 UTR

## **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 al 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 mas confiable que es utilizada por los modelos matemáticos que generan pronósticos del estado del tiempo mas 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 discusión.

### 7.1. Productos

- Una red compuesta por 22 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.
- Reprogramación y adecuación de los modelos agrometeorológicos de tiempo térmico, índice de severidad fitosanitaria y pronóstico de riego de acuerdo a los datos calculados por el Advantage Pro 5.4 de evapotranspiración.

## 7.2. Resultados

- Operación de la red de estaciones con una eficiencia de más del 89%, mediante el mantenimiento preventivo y correctivo en campo.
- Se mantiene la obtención de datos meteorológicos de cada una de las estaciones agroclimatológicas a cada 15 minutos.
- Actualización del portal de Internet para la difusión de datos mediante las consultas alfanumérica y gráfica y la generación de reportes formateados para consulta impresa.
- Supervisión, operación y mantenimiento del equipo informático involucrado en los procesos de recepción, almacenamiento, difusión y respaldo de los datos.
- La estación de Axochiapan se cambio a las instalaciones del CBTA No 129.
- Instalación y operación de 3 sensores de humedad del suelo en la estación de Tétela del Volcán dentro de la huerta de aguacate.
- Se realizaron dos jornadas de mantenimiento a todas las estaciones; en algunas estaciones fue necesario proporcionar un tercer mantenimiento.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye el proyecto, con 22 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.

## 9.- Bibliografía.

1. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos “Evapotranspiración del Cultivo”- FAO 2006
2. Measurement of Meteorological Variables- Part 1 WMO, 2009
3. Observing Systems- Part 2 WMO, 2009
4. Quality Assurance and Management of Observing Systems Part 3, WMO, 2009.
5. Villalpando, J; Ruiz, A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p.

## Paginas Web

1. [http://www.adcon.at/english/produkte\\_wireless\\_sensor\\_networks\\_en.html](http://www.adcon.at/english/produkte_wireless_sensor_networks_en.html)
2. <http://www.monografias.com/trabajos17/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml>
3. <http://www.agroson.org.mx>
4. <http://www.sica.gov.ec/agro/docs/reqhidricos.htm>
5. <http://www.fundacionguanajuato.com/CGIBIN/Clima/docvar.htm>

## 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>	Reportes de mantenimiento	Reportes de mantenimiento por jornada y por estación.
<b>B</b>	Mapas de ubicación de las estaciones agroclimatológicas	Imagen satelital con la ubicación de las 22 estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.
<b>C</b>	Datos	Base de datos completa (2006-2010) en formato CSV (separado por comas) por año y por estación.