SIBILA: Sistema de Información Bioclimática

Magdiel Ablan
*Centro de Simulación yModelado (*CeSiMo*)*
Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes.

Rigoberto Andressen
*Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (*ICAE*)*
Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes

Edward Casanova
Centro de Innovación y Modernización Empresarial,
Corporación Parque Tecnológico de Mérida (CIME-CPTM)

Carlos Gómez
Estación Chama, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CIAE -Zulia).

Carlos Guada
Laboratorio de Geofísica (LaGULA), Facultad de Ciencias ,Universidad de Los Andes

Ramón Jaimez
Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP)
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes

Luis A. Núñez
Centro de Astrofísica Teórica, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes y
*Centro Nacional de Cálculo Científico, Universidad de Los Andes (*CeCalCULA*)*

Rodrigo Torrens
*Centro Nacional de Cálculo Científico, Universidad de Los Andes (*CeCalCULA*)*
Corporación Parque Tecnológico de Mérida.

Marielena Urdaneta
Centro Internacional del Plátano (CIPLAT) Zulia

30 de abril de 2001

Resumen

El proyecto consiste en: instalar una red de estaciones biometeorológicas telemétricas y generar un sistema de información a través del WEB que permita el acceso de investigadores, productores y organismos relacionados a la información producida por esta red de estaciones. Esta Red BioClimática enviará los datos a centros de acopio y desde allí al Centro Nacional de Cálculo Científico Universidad de Los Andes (CeCalCULA). Existirá un equipamiento en estos centros de acopio geográficamente distribuidos que permita generar, de forma automática, boletines informativos a los productores.

A partir de los datos generados por las estaciones, los investigadores podrán formular modelos climáticos y diseñar medidas fitosanitarias que permitan el manejo efectivo de posibles desastres naturales.

Para validar el uso de la Red de Estaciones Biometeorológicas y del Sistema de Información Bioclimática se propone como proyecto concreto en la región del Sur del Lago de Maracaibo, establecer un sistema de pronóstico de incidencia de plagas en musáceas aplicado a la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) a través de la señalización bio-climática. Si bien este proyecto está centrado en las necesidades de la Región del Sur del Lago de Maracaibo, no se excluye que en un futuro muy próximo otros proyectos similares puedan ser apoyados por esta acumulación de datos bioclimaticos. Otras iniciativas de la Universidad de Los Andes, como la Agenda Papa podr´ía ser apoyada.

Los costos del proyecto se resumen el el siguiente cuadro:

	Bs. año 1	US$	Bs. año 2	US$	Bs. año 3	US$	Bs. año 4	US$
Equipos		153.880		145.450		18.000		-
Servicios		58.030		64.200		54.255		61.890
Personal		61.715		74.057		88.869		106.642
Viáticos/pasajes		20.000		20.000		21.459		21.459
Insumos		20.000		15.000		15.000		15.000
Totales	224.555.500	313.625	236.480.594	318.707	155.402.982	197.583	170.903.293	204.991

Índice General

1 Introducción **3**
- 1.1 Ecoteleinformación y eventos ambientales adversos . . . 3
- 1.2 El cultivo del Plátano en el Sur del Lago de Maracaibo . . . 3
- 1.3 Condiciones Climáticas en el Sur del Lago . . . 4
  - 1.3.1 El Lago de Maracaibo como Factor Climático . . . 4
  - 1.3.2 Los Vientos en el Sur del Lago . . . 5
  - 1.3.3 Los Chubascos . . . 6
- 1.4 La Sigatoka Negra . . . 7
  - 1.4.1 Sigatoka Negra en Venezuela . . . 8
  - 1.4.2 I+D en Sigatoka Negra . . . 9
  - 1.4.3 Clima y Epidemiología en Sigatoka Negra . . . 11

2 Antecedentes **12**
- 2.1 A Escala Internacional . . . 12
  - 2.1.1 Ecoteleinformación en la WEB . . . 12
  - 2.1.2 Sistema de Pronósticos y Alertas de Plagas . . . 13
- 2.2 En el país . . . 14

3 SIBiLa, Sistema de Información Bioclimática del Lago **14**
- 3.1 La Propuesta . . . 14
- 3.2 Un proyecto Transdisciplinario-Interinstitucional . . . 15
- 3.3 Objetivos Generales . . . 16
- 3.4 Objetivos Específicos . . . 17

4 Metodología a Emplear **18**
- 4.1 Red de Estaciones Meteorológicas . . . 18
- 4.2 El Sistema de Información Bioclimática . . . 20
  - 4.2.1 Captura y Adquisición de datos . . . 20
  - 4.2.2 Manejo y distribución de datos . . . 21
- 4.3 Sistema de pronóstico de plagas . . . 22

5 Organización de la Investigación **23**

6 Recursos Disponibles **24**
- 6.1 Equipamiento . . . 24
  - 6.1.1 CeCalCULA y demás Centros de la ULA . . . 24
  - 6.1.2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias . . . 25
- 6.2 **Contingente Humano** . . . 25

7 Necesidades de Recursos para lograr los Objetivos Propuestos **26**
- 7.1 Equipos . . . 26
  - 7.1.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas . . . 26
  - 7.1.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas . . . 26
  - 7.1.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos . . . 27
  - 7.1.4 Resumen Equipos . . . 27
- 7.2 **Servicios** . . . 27
  - 7.2.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas . . . 27
  - 7.2.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas . . . 28
  - 7.2.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos . . . 28
  - 7.2.4 Resumen Servicios . . . 28

7.3 **Personal** . . . 28
7.3.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas . . . 28
7.3.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas . . . 28
7.3.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos . . . 29
7.3.4 Resumen Contratación de Personal . . . 29
7.4 Materiales y Suministros . . . 29
7.5 **Viáticos y pasajes** . . . 29
7.5.1 **Para trabajo de Campo**: . . . 29
7.5.2 Para adiestramiento . . . 29
7.5.3 Total Viáticos . . . 29
7.6 Totales . . . 30

8 Cronograma y Plan de Trabajo **30**
8.1 Etapa piloto. . . . 30

9 Referencias Bibliográficas. **30**

1 Introducción

1.1 Ecoteleinformación y eventos ambientales adversos

Los episodios ambientales adversos (epidemias, propagación de plagas, etc.) y los desastres naturales relacionados con eventos climáticos severos ocasionan grandes pérdidas económicas y, en algunos casos, pérdidas de vidas humanas. No sólo son importantes los eventos ocasionados por variaciones extremas del clima, sino también otros producto de más sutiles relaciones que favorecen, generan o inhiben la propagación de epidemias afectando a plantas, animales y a comunidades humanas. En general, estas catástrofes son difíciles de modelar y por lo tanto predecir pero, sin información que nutra los posibles modelos físicos o las eventuales estrategias heurísticas, su comprensión es prácticamente imposible.

El modelado climático se fundamenta en la comprensión de los procesos del clima, que son bastante complejos y que debe ser abordada desde una perspectiva transdisciplinaria, como también en la utilización de datos de calidad, obtenidos con una adecuada resolución temporal y espacial. En nuestro país existe una gran dificultad para acceder y disponer información climática (lluviosidad, presión, temperatura, velocidad del viento, humedad, radiación solar) por parte de los investigadores. La escasa información que existe si no es muy antigua, se encuentra almacenada, la mayor de las veces, sin catalogación y bajo mecanismos manuales (planillas en papel archivadas) que dificultan si no, imposibilitan su organización automática.

La situación es peor con la información fitobiológica. Existe contados mecanismos para el levantamiento de información fitobiológica en campo y mucho menos sistemas de pronóstico de plagas que generen alertas tempranas a los productores (y otras instituciones) sobre la aparición de niveles nocivos de una determinada enfermedad y plantee necesidad de aplicar mecanismos de control. Esta información se correlacionaría con la meteorológica para predecir condiciones climáticas favorables o desfavorables en el ámbito fitosanitario. Es imperioso comenzar a almacenar información y colocarla en la red a la disposición de los usuarios para generar una memoria y sobre ella nuevos proyectos de investigación.

El avance de las tecnologías telemétricas (tecnologías inalámbricas para la trasmisión de data y nuevas generaciones de sensores remotos que permiten obtener mayores volúmenes de información a cada vez menores escalas y en tiempo real) y el surgimiento explosivo de INTERNET (con el desarrollo de estándares de metadatos del tipo XML[1] orientados a facilitar el intercambio de información proveniente de plataformas computacionales heterogéneas) permiten hoy plantearse, con una modesta inversión, generar bases de datos en tiempo real con ingentes volúmenes de información y acceder a ella desde cualquier parte donde exista conectividad a INTERNET. Más aún, en un futuro muy próximo las posibilidades de la tecnología de agentes inteligentes de búsqueda y el desarrollo de técnicas de minería de datos (programas basados en heurística y algoritmos inteligentes que buscan y correlacionan información con criterios definidos por el usuario en el momento de hacer la solicitud de información) hará posible extraer correlaciones hasta ahora insospechadas.

1.2 El cultivo del Plátano en el Sur del Lago de Maracaibo

En Venezuela se estimó que para el período 1992-95, existían 62.120 ha de plátano Hartón (Musa sp. AAB subgrupo plátano cv. Hartón), con una producción anual de 516.086 ton, equivalente a un rendimiento promedio de 8,3 ton ha^{-1} $año^{-1,}$ [1]. Este cultivo, que aporta el 50% del valor de la producción frutícola, es de gran importancia socio económica tanto por el valor de su producción estimada en treinta y seis millardos de Bolívares, como por su contribución en la generación de fuentes de trabajo, unos 10.000 puestos directos; también ha sido uno de los rubros agrícolas que más ha generado divisas para el país, [2].

La región Sur del Lago de Maracaibo, esta localizada al norte de la Cordillera de Los Andes desde el Pie de Monte Andino hasta las costas del Lago de Maracaibo y abarca parte de los estados Zulia, Mérida, Trujillo y Táchira, siendo su superficie de 983.000 ha. Esta región se destaca por poseer el 55 % de la superficie sembrada de Musáceas en el país.

La producción de plátano y cambur se ubica principalmente en la planicie y secundariamente en el Pie de Monte Andino, localizándose principalmente en las márgenes de los ríos Catatumbo, Escalante, Chama,

[1] Por eXtended Markup Language

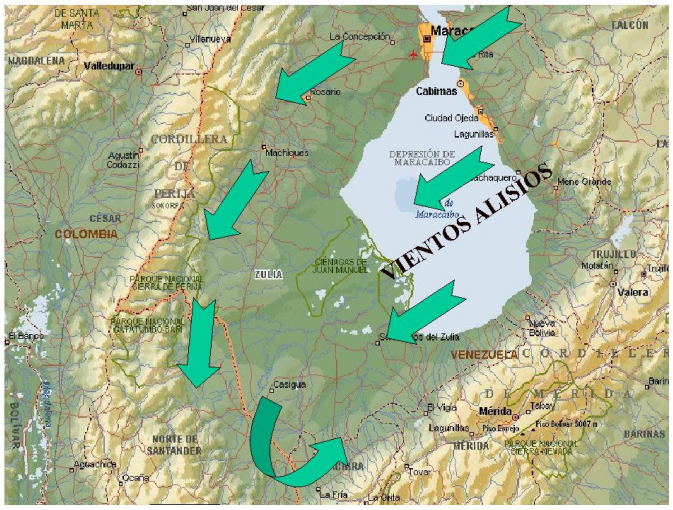


Figura 1: Circulación de Vientos de superficie en la Zona del Lago de Maracaibo

Mucujepe, Guayabones, entre otros. La región está enmarcada por los Municipios Colón y Francisco Javier Pulgar, zona de mayor producción y superficie sembrada, Baralt, Sucre y Catatumbo (Estado Zulia), Alberto Adriani y Obispo Ramos de Lora (Estado Mérida), La Ceiba (Estado Trujillo).

Se estima que el Sur del Lago de Maracaibo tiene la potencialidad de producir el 100 % de la demanda nacional de plátano[3], actualmente produce el 80 % de la producción de plátano a nivel nacional, ubicándose la misma en aproximadamente 50.000 has sembradas con una producción de 520.000 ton, de las cuales dependen directamente alrededor de 6000 productores e indirectamente unas 70.000 personas, por lo tanto su importancia social es de gran relevancia para esta región.

En Venezuela, el cultivo del plátano (principalmente Hartón) tiene una significativa importancia socioeconómica, por ser uno de los productos fundamentales de la canasta familiar y fuente generadora de trabajo. Este rubro se encuentra distribuido en casi todos las regiones del país y aporta el 50% del valor de la producción frutícola nacional, su exportación provee divisas para el país [4].

El cultivo del plátano está determinado por distintas condiciones climáticas, entre ellas, precipitaciones de 700 hasta 4000 mm./año, con ocurrencia generalmente de dos meses secos separados, y temperaturas medias anuales superiores a 21 ^{o}C, con variaciones estacionales de entre 4 y 13 ^{o}C. El volumen de precipitaciones mensuales que exige el cultivo debe estar por encima de los 50 mm. pues valores inferiores a éste afectan las condiciones hídricas de la planta. La zona Sur de Lago de Maracaibo presenta justamente estas condiciones. Se registra una temperatura media que oscila entre 24 y 28,8 °C; la precipitación fluctúa entre 1300 y 2600 mm. anuales, presentándose un período húmedo entre 4 y 12 meses; la evaporación media anual del área fluctúa entre 1100 y 2000 mm. [5]..

1.3 Condiciones Climáticas en el Sur del Lago

1.3.1 El Lago de Maracaibo como Factor Climático

El Lago de Maracaibo es un cuerpo de aguas cálidas, bastante extenso, con 13 000 Km^2 de superficie y 728 Km de costas, ubicado al oeste de Venezuela. Ejerce una marcada influencia sobre las características climáticas de las diferentes regiones del área de estudio, principalmente sobre la precipitación (cantidad y distribución).

Una variedad de tipos de clima resulta de la interacción entre el relieve y los patrones de circulación atmosférica. Se pueden distinguir las siguientes regiones:

1. clima megatérmico de bosque húmedo tropófilo y sabanas, con dos máximos de precipitación (marzo/abril y septiembre/octubre), caracter´ístico de las planicies aluviales de Monay hacia la costa del Lago de Maracaibo;

2. sucesión de climas de montaña tropical perhúmedos mesotérmicos, con un solo máximo pluviométrico (mayo/junio/julio), en la región de las cuencas altas de los r´íos Burate y Boconó;

3. en las cuencas altas de los ríos Motatán, Momboy y Jiménez también se presenta una sucesión de pisos climáticos, desde mesotérmicos hasta microtérmicos, con variantes en la precipitación, que incluyen sectores subhúmedos y húmedos, con dos máximos pluviométricos (abril y octubre), y

4. la cuenca media de los ríos Motatán y Momboy, desde la Puerta hasta Valera, el sector alrededor de Trujillo y el sector de Carache-La Concepción, están caracterizados por condiciones climáticas subhúmedas a semiáridas, con regímenes térmicos macrotérmicos a mesotérmicos, dependiendo de la altitud.

1.3.2 Los Vientos en el Sur del Lago

Es bien reconocido el hecho de que el viento de superficie transporta polen, esporas e insectos y por lo tanto el estudio de su comportamiento es importante para entender algunos problemas de plagas y enfermedades de los cultivos. En el caso del transporte de esporas, los procesos de inestabilidad convectiva de la atmósfera deben estar presentes. Factores como la temperatura a la altura de vuelo de los insectos, puede afectar a éstos más no a las esporas[6]. Por otro lado, el viento excesivo es nocivo para la agricultura. Un viento con una velocidad de 3 a 8 m/s puede afectar el crecimiento de los cultivos[7]. Velocidades superiores a 8 m/s produce erosión en la mayor parte de los suelos agrícolas.

El Sur del Lago de Maracaibo presenta un sistema de convergencia de vientos locales inducido por la axila orográfica formada por la Sierra de Perijá, al noroeste, y la Cordillera de Los Andes al sur y al sureste. Los vientos alisios del NE. y ENE. se ven obligados, en superficie, a tomar una trayectoria hacia el sur y luego hacia el SE y Este, confluyendo con vientos del ENE. que soplan más pegados al eje de la Cordillera Andina. Esta situación se mantiene todo el año con pequeñas variantes estacionales (ver figura 1).

A este patrón general se le añaden diversos factores muy particulares de la zona los cuales ejercen un efecto desorganizador sobre ese flujo normal regional y generan fuertes vientos denominados localmente Chubascos.

Una de las influencias reconocidas en áreas vecinas a cuerpos de agua, es la presencia de Brisas de Lago, fenómeno parecido a las Brisas de Mar y Tierra; que incluso se presentan en áreas que circundan cuerpos de agua pequeños, hasta de 1.5 Km de ancho. Estas Brisas de Lago son capaces de alterar el comportamiento de tormentas, suprimiendo en algunos casos la actividad convectiva[8], o en otros casos favoreciéndola[9]; lo que debe reflejarse en la cantidad y distribución de la precipitación. Durante la noche las brisas de tierra y lago contribuyen a crear una zona de convergencia local, a niveles bajos y de divergencia durante el día. Si hay las condiciones sinópticas favorables, es posible que, en la tarde, se desarrollen cúmulos muy desarrollados y cúmulo-nimbos sobre la llanura lacustre (al este y sureste del lago) y que se produzcan fuertes precipitaciones (ver figura 2). Por supuesto, esta hipótesis necesita información climatológica, adicional a la pluviométrica (dirección y velocidad del viento en superficie y varios niveles, registro detallado de nubosidad, etc.), para su estudio. Esta información no existe en la actualidad para la región.

Por otro lado, el Lago de Maracaibo, debido a la alta evaporación, es una fuente importante de vapor de agua que, de acuerdo con el régimen de vientos predominante en cada período del año, es transportado hacia las áreas vecinas, incluyendo las vertientes montañosas y valles altos, donde se producen procesos de condensación, formación de nubes y precipitación. Sin embargo, los mecanismos de ascenso orográfico no siempre traen como consecuencia un incremento de la precipitación; pues intervienen varios factores como:

1. las características del flujo de aire y los patrones sinópticos;

2. el movimiento vertical local, debido a las características del terreno (pendiente, orientación y arquitectura del relieve); y

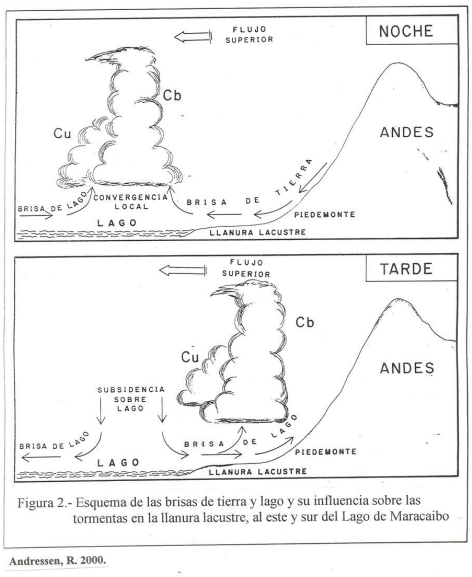


Figura 2.- Esquema de las brisas de tierra y lago y su influencia sobre las tormentas en la llanura lacustre, al este y sur del Lago de Maracaibo

Andressen, R. 2000.

Figura 2: Esquema de Circulación de Vientos orográficos

3. los procesos microfísicos que operan dentro de las masas de nubes que son transportadas o que se forman [10].

A este tipo de precipitación orográfica, hay que agregar la que se forma por procesos convectivos. El resultado final es un patrón complejo de distribución de la precipitación con la altitud, como se demuestra más adelante para los distintos grupos de estaciones. Por ejemplo para la cuenca del Río Motatán, la precipitación anual primero disminuye con la altitud, luego aumenta alcanzando un valor de poco más de 900 mm. a, aproximadamente, 1600 m de altitud, luego disminuye a 600 mm. y a partir de los 1800 m, a menos de 900 mm., para finalmente disminuir muy levemente a partir de los 2 500 m.

1.3.3 Los Chubascos

Los Chubascos son fuertes vientos, espacialmente localizados (˜5 -10 Km.) y de corta duración (20-30 minutos) que se presentan como tobellinos y ráfagas, con o sin lluvia. Estos eventos climáticos afectan decenas de hectáreas de áreas sembradas con plátanos, produciendo cuantiosas pérdidas. Ocurren, principalmente, durante la época de lluvia entre los meses de mayo y septiembre, pero también se da el caso de ocurrencia de estos fenómenos en diciembre. Estos vientos, dependiendo de su estructura vertical y velocidad, pueden provocar distorsión de las copas de las plantas, fractura y desgarramiento transversal de las hojas, y, en caso de ráfagas muy fuertes, las plantas pueden ser quebradas, desarrigadas o decuajadas. En algunos casos, a pesar de que las plantas lleguen a ser desarraigadas, el sistema radicular sufre serios daños y los racimos no llegan a desarrollarse con plenitud.

Existen al menos dos hipótesis para explicar el origen de los Chubascos. La primera es la conjunción de dos factores: por un lado la presencia de grandes formaciones de relieve como la Cordillera de Los Andes y el paso del flujo del aire, controlado por gradientes de presión, de la superficie del lago hacia la tierra en donde encuentra distintos tipos de vegetación (pastizales, arbustos, bosques y platanales). Estos cambios de “rugosidad” pueden alterar significativamente la velocidad y dirección de propagación del viento creando turbulencias de superficie. [11].

La segunda hipótesis relaciona a los Chubascos del Sur de Lago con los llamados *Microbursts* o Microráfagas de las llanuras centrales del Sur de los Estados Unidos. Estos son vientos fuertes verticales los

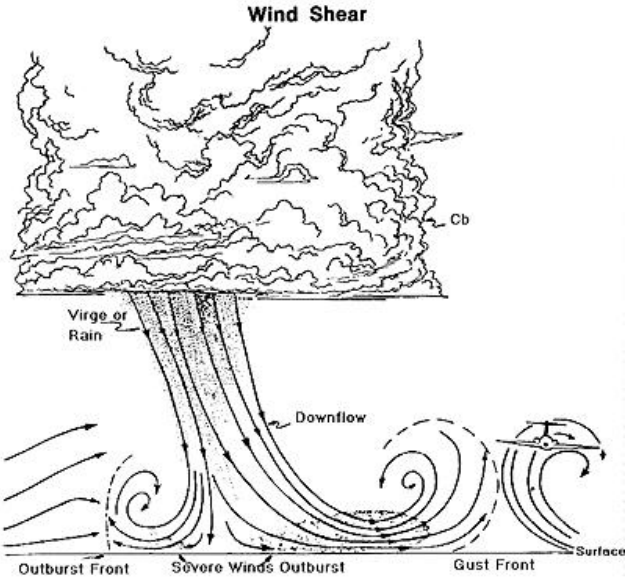


Figura 3: Esquema de Microburst

cuales típicamente afectan zonas del orden de 4 a 6 kilómetros de diámetro y de tienen una duración de 2 a 10 minutos[12, 13, 14]. Los vientos verticales al encontrarse con la tierra generan a su vez fuertes vientos horizontales que se extienden a lo largo de mayores superficies multiplicando su daño[15, 16]. Los *Microburst* son los causantes de accidentes aéreos originados por su aparición durante el despegue o aterrizaje de un avión. Igualmente, han zozobrado barcos pequeños al enfrentarse repentinamente a estas fuertes ráfagas de vientos y también ocasionan cambios inesperados durante la evolución de los incendios forestales[17, 18].

La falta de información sobre la frecuencia y localización más común de este fenómeno imposibilita a los productores de acceder a cualquier tipo póliza de seguro contra este tipo de siniestro. Este proyecto apunta a construir un mapa de riesgo y siniestralidad en la zona del Sur del Lago de Maracaibo a partir de la acumulación de datos Climáticos.

1.4 La Sigatoka Negra

Las condiciones climáticas presentes en el Sur del Lago de Maracaibo facilitan el establecimiento, desarrollo y migración de un gran número de plagas de importancia económica para los cultivos establecidos en la zona. Un caso de particular importancia para el cultivo de musáceas en el mundo y en particular en el Sur de Lago de Maracaibo, lo constituye la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella Fijiensis Morelet*). Esta enfermedad tuvo su aparición en la zona a finales de 1991 y ha disminuido considerablemente los rendimientos y la calidad de la fruta.

En 1963, se informó por primera vez la presencia de un tipo más severo de manchas de las hojas en Fiji [19], que fue denominada raya negra debido al color pardo oscuro o negro de las rayas y manchas que el hongo causaba en las hojas. Esta enfermedad, estaba distribuida en las islas del Pacífico mucho tiempo antes de su descubrimiento en Fiji en 1963. Los patrones de detección y distribución indican un centro de origen de *M. Fijiensis* en el área de Nueva Guinea - Islas Salomón, desde donde el patógeno se movió a Taiwán, algunas islas adyacentes a Indonesia y a la mayoría de las islas del Pacífico Sur, en hojas de espada en rizomas para plantación o en restos de hojas. En áreas donde la sigatoka negra se introduce, sustituye a la sigatoka amarilla en un lapso de tres años aproximadamente[20, 21].

En el continente Americano, la Sigatoka Negra se identificó primero en Honduras en el año 1972 , desde

Figura 4: Imágenes de: daño de Sigatoka Negra en la hoja (superior izquierda); pequeño productor (superior derecha); producción (inferior izquierda); plantaciones (inferior derecha y centro)

donde se diseminó a todos los países de América Central, México y parte de América del Sur (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) [20, 22, 23, 24].

Esta enfermedad ha sido reportada como una de las más destructivas del mundo. La severidad de este tipo de patógeno se magnífica en un sistema agrícola como el del plátano, en el cual la propagación vegetativa (reproducción asexual) y su cultivo en grandes extensiones de un clon genéticamente uniforme lo hace altamente vulnerable a ataque epidémico de enfermedades [25].

Este patógeno ataca las hojas dando lugar a necrosis, disminución del tejido con actividad fotosintética y de los rendimientos brutos. Causan además la madurez prematura de los frutos lo cual resulta en pérdidas importantes del rendimiento neto exportable. La distribución amplia de Sigatoka negra en Africa Occidental y en los trópicos de América la han convertido en la más costosa y dañina enfermedad de los bananos y plátanos[21], teniendo además un fuerte impacto social entre los pequeños agricultores debido a las casi siempre precarias infraestructuras de producción (pequeñas parcelas en poblados, cultivo intercosechas) y el costo de los agroquímicos utilizados para el control. El combate contra la Sigatoka Negra está originando un cambio del patrón tecnológico de los productores quienes, por falta de experiencia en su manejo, emplean medidas y acciones de control fitosanitario utilizadas en otros países con diferentes características edafo-climáticas y de cultivo. El desconocimiento de medidas de control efectivas ha llevado al uso incontrolado de agroquímicos ocasionando altos índices de contaminación ambiental y graves problemas de salud pública. La desatención a prácticas de manejo del cultivo, aunado al efecto inflacionario en los costos de producción y a la ineficiencia del sistema de comercialización ha generado el abandono del cultivo o cambio de rubro por parte de una considerable cantidad de pequeños productores. Todo lo anterior está favoreciendo el incremento en el potencial de inoculo de la enfermedad, su rápida diseminación hacia otras zonas productoras y está impidiendo el desarrollo sostenible del sistema actual de producción.

1.4.1 Sigatoka Negra en Venezuela

En Venezuela, la sigatoka negra fue detectada por primera vez en 1991, en el estado Zulia, en plantaciones aledañas al río Catatumbo, frontera con Colombia, desde donde se supone hizo su entrada la enfermedad. En este momento se implantaron medidas cuarentenarias y de sanidad vegetal con la finalidad de impedir la diseminación del hongo por todo el territorio nacional

Sin embargo, entre 1992 y 1993, la enfermedad se reportó en zonas cercanas al Pie de Monte Andino

(zonas bajas de los estados Táchira, Mérida y Trujillo) y Barinas; en 1994, Yaracuy y en 1996 Carabobo y Aragua, estableciéndose con registros críticos de incidencia y severidad, similares a los correspondientes a plantas de genoma AAA (bananos), que son las más susceptibles. Para 1997, se reportó en el mes de mayo en el estado Miranda, en septiembre, en el estado Monagas y en noviembre en Bolívar [26].

En los actuales momentos, trabajos efectuados por instituciones públicas y privadas que tienen su asiento en la zona productora del sur del Lago de Maracaibo, han determinado que la producción por hectárea ha disminuido aproximadamente entre 20 y 30 %, incluyendo la disminución en la calidad de la fruta, así como también se está presentando el abandono del cultivo por parte de algunos productores ante la falta de recursos económicos, asesoramiento técnico, optando en algunos casos por cambiarse de rubro e inclusive hasta vender sus fincas como salida ante la crisis que están viviendo; sin considerar los problemas de comercialización del producto e inseguridad en la Zona.

Tarté [27], en un trabajo realizado sobre la producción bananera en Centro América, indicó que a pesar de las muchas consideraciones, preocupaciones y aptitudes acerca de la reducción en el uso de agroquímicos, los daños ambientales a lo largo de la última década, principalmente aquellos ocasionados por su uso excesivo en la industria bananera, han rebasado los límites permitidos. Los precios se han deprimido en los últimos años y los productores pequeños han comenzado a sufrir pérdidas cada vez mayores en el mercado, tal situación atenta contra la sostenibilidad de la actividad. Además señala que los esfuerzos apuntan hacia el aumento de la productividad con el uso de una tecnología más respetuosa del medio ambiente, pero buscando fórmulas que garanticen la no marginalización de los pequeños productores ante el expansionismo, la sobre producción y los bajos precios que conducen lamentablemente a una "guerra" entre grandes y chicos. Según esto se deben identificar estrategias que hagan a los pequeños eficientes y productivos, para que compitan sin desventajas dentro de una economía de libre mercado.

Debe destacarse, que en el Sur del Lago de Maracaibo se ha seguido un enfoque para solucionar el problema de la Sigatoka Negra, utilizados principalmente en banano, basado en la implantación de sistemas de control de otros países. No se han tomado en consideración las condiciones locales y estudios de impacto ambiental. Esto trajo como consecuencia, el uso indiscriminado de los agroquímicos, por parte de los productores que en muchos casos disminuyeron su atención a otras practicas de manejo del cultivo. Todo lo anterior impide el desarrollo sostenible del sistema actual de producción. Normalmente esta enfermedad, ha sido combatida con prácticas agronómicas y aspersiones de fungicidas. Para ello se amerita empresas organizadas, infraestructura adecuada, investigación básica y aplicada.

Este proyecto, busca determinar alternativas para el manejo de la Sigatoka Negra tomando como caso piloto el Sur del Lago de Maracaibo debido a su importancia estratégica. Con la aplicación de un sistema de pronóstico y alerta temprana de la incidencia de la enfermedad, el cual será de fácil acceso a los productores de la región a través de las diferentes vías concebidas, repercutirá en el uso racional de agroquímicos para el combate de la enfermedad y con el correspondiente menor impacto posible sobre el ambiente. Así mismo, con el estudio de los vientos, permitirá la evaluación futura ciertas alternativas para disminuir su impacto, bajo un enfoque de manejo integrado del cultivo.

1.4.2 I+D en Sigatoka Negra

Al aparecer en banano la Sigatoka Negra, en los años 70, causó un impacto, pero ya el área productiva estaba preparada. No pasó así en plátano, cuyos productores no estaban preparados para su combate. Este panorama que es el de las empresas plataneras en toda América, se hace más dramático en el Sur del Lago de Maracaibo por el alto número de productores y el área sembrada. [28].

En la 5ta Reunión del Comité Asesor (RAC) de INIBAP-LACNET (Red Internacional para el Mejoramiento del Plátano y Banano - Red Regional para América Latina y el Caribe) celebrada en Caracas, en septiembre de 1995, se plantearon las siguientes prioridades de investigación con respecto a la protección de cultivos:

- La Sigatoka Negra permanece como la primera prioridad, ya que continua propagándose en la región. Las actividades relacionadas con los estudios epidemiológicos y la capacidad sobre las estrategias de

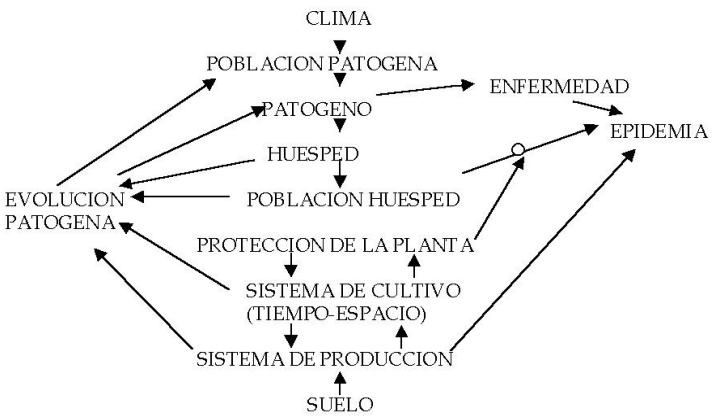


Figura 5: Presiones internas y externas de un sistema de protección de la planta segun Rapilly

control deben ser estimuladas (punto abordado a través del proyecto nacional de Manejo Integrado de la Sigatoka Negra en Venezuela).

- Se debe realizar selecciones de materiales para la detección temprana del moko, virus, fusarium, nemátodos y control biológico del picudo negro, además de otros estudios sobre plagas potenciales.

Con respecto a los sistemas de producción es necesario, documentar y publicar información sobre los sistemas de cultivo relacionados con el banano y plátano para el consumo local.

- Material de siembra: métodos de propagación, diferentes a los cultivos de tejidos.
- Manejo de suelos: desarrollo de tecnologías para sustituir los fertilizantes químicos, siguiendo los avances de Cuba.
- Manejo de plantaciones: desarrollo de tecnologías relacionadas con la densidad de siembra, cultivos asociados, rotación de cultivos y control de malezas.
- Manejo integrado de plagas: trabajo en el control químico y biológico y en los métodos de predicción meteorológica [29]

En el Sur del Lago de Maracaibo se realizó una consulta pública para la selección de las líneas de investigación, en el mes de abril de 1997, a pequeños y medianos productores de tres sectores de la región, sobre los principales problemas que los afectan, donde se detecto como era de esperarse que la Sigatoka Negra entre otras enfermedades y plagas ocupara el primer lugar, seguido por el financiamiento y la organización de productores, además de la comercialización, asistencia técnica y vialidad.

El nivel de influencia del clima sobre el ciclo biológico y la actividad de patógenos se ha conocido mejor y se han presentado cada vez más las relaciones cuantitativas, llegando en algunos casos a producir modelos matemáticos más complejos. La información generada aparte de su valor teórico, también tiene un valor práctico en la determinación de cuando se debería tomar la acción contra los patógenos de los cultivos, para que sólo los tratamientos estrictamente necesarios sean aplicados en el momento más apropiado.

1.4.3 Clima y Epidemiología en Sigatoka Negra

Existen claros indicios en la literatura sobre una posible correlación de la incidencia de la Sigatoka Negra y las variables climáticas (humedad, pluviosidad, temperatura). El conocimiento de las interrelaciones entre el ambiente, la planta y la enfermedad mejora día a día, así mismo los sistemas de procesamiento de datos y técnicas de modelado, permiten el empleo del pronóstico de la enfermedad para facilitar el manejo de la plaga, logrando no sólo un mejor control de la enfermedad, sino también una reducción en el uso de los productos químicos[30]. Este autor propuso un diagrama para entender la razón de los diferentes niveles de expansión de las epidemias, donde se debe considerar el inóculo primario, interacciones clima/patógeno y clima/enfermedad y las interacciones clima/crecimiento y desarrollo de la población de plantas (figura 5 en la página 10)

La velocidad de evolución de la enfermedad, depende del comportamiento de la temperatura del aire y de la duración de la duración de las horas con rocío y la lluvia. En Cuba, se ha venido demostrando que los aumentos de la velocidad de evolución de la enfermedad muestran una correlación altamente significativa con el número de horas semanales con humedad relativa superior al 95% de las 6 a 8 semanas anteriores[31, 32]. El aumento de la duración del período de humedecimiento del follaje, se correlacionó bien con la tendencia del estado de evolución entre 4 a 6 semanas posteriores. Porras y Pérez [33], determinaron sobre la base de datos diarios de tres años en cinco estaciones meteorológicas del país, una ecuación ($SV = 7.18$ T máx. $+79.16$ T min.) que permitió el cálculo con gran precisión ($R2 = 0.99$) de las sumas de velocidades de evolución de *M. fijiensis* en función de la temperatura máxima y mínima diaria. En períodos con sumas de velocidades semanales inferiores a 11000 unidades, se produjeron depresiones de la evolución de la enfermedad entre las 4 a 6 semanas posteriores, en los que pueden suspenderse los tratamientos si coinciden con períodos de poca lluvia y baja humedad relativa.

Fouré[34], adaptó un sistema de evaluación de la velocidad de evolución de sigatoka amarilla a las características de sigatoka negra. En Cuba, se diseñó un a red de observaciones semanales de la velocidad de evolución de la enfermedad y de registros de temperatura, lluvia y humedad relativa, esto les ha permitido una optimización del control de la misma en banano y plátano con una reducción de costos de protección entre un 30 y un 40% en relación a las áreas tratadas por programas [31, 35].

E. Bureau en 1987[36], mostró la posibilidad de realizar el control de la Sigatoka negra en plátanos en base a tratamientos pronosticados en función del estado de evolución y la evaporación Piché. Más recientemente, Jiménez y colaboradores[37], informaron de la relación existente entre la duración acumulada de la lluvia por períodos de cuatro semanas y el aumento de la evolución de la enfermedad dos semanas después en plátano en Costa Rica, proponiendo un sistema de pronóstico de la enfermedad y su tratamiento en base a la duración de la lluvia. Ambos sistemas sin embargo deben ser estudiados localmente, porque la lluvia no es la única forma de humedecimiento de los tejidos foliares y en áreas donde la pluviometría no es tan elevada, los rocíos pueden jugar un papel importante en el comportamiento de la enfermedad, por lo que puede ser más útil medir la duración del humedecimiento de las hojas y no la duración de las lluvias[38].

La señalización bioclimática de los tratamientos en base a registros semanales de la velocidad de evolución de la enfermedad y de la temperatura (suma de velocidades), evaporación Piché y acumulados quincenales de la duración del humedecimiento de las hojas y de las lluvias ha permitido disminuir los tratamientos, aprovechando los períodos desfavorables de la enfermedad. Estos sistemas de previsión han permitido optimizar el control de sigatoka, en donde por más de 5 años de trabajo en 3000 hectáreas de plátano se ha logrado un eficiente control de la enfermedad con 12 a 14 tratamientos por año, lo que ha implicado una disminución de los costos de protección en aproximadamente un 40% [39].

Jiménez y colaboradores[37] indica que el desarrollo de métodos efectivos de control de plagas son necesarios para mantener la producción de esta importante fuente alimenticia y para satisfacer los requerimientos de calidad del mercado de exportación.

Este proyecto, busca determinar alternativas para el manejo de la Sigatoka Negra tomando como caso piloto el Sur del Lago de Maracaibo debido a su importancia estratégica. Con la aplicación de un sistema de pronóstico y alerta temprana de la incidencia de la enfermedad, el cual será de fácil acceso a los productores de la región a través de las diferentes vías concebidas, repercutirá en el uso racional de agroquímicos para

Figura 6: Diagrama de Probabilidad de Ocurrencia de *Microburs* en las llanuras del Sur de EE.UU.

el combate de la enfermedad y con el correspondiente menor impacto posible sobre el ambiente. Así mismo, con el estudio de los vientos, permitirá la evaluación futura ciertas alternativas para disminuir su impacto, bajo un enfoque de manejo integrado del cultivo.

2 Antecedentes

2.1 A Escala Internacional

2.1.1 Ecoteleinformación en la WEB

La Ecología y las ciencias ambientales han sido usuarias de la informática desde siempre. Las técnicas de muestreo y correlación estadística, la creación y el mantenimiento de bases de datos y las simulaciones computacionales, han sido sus principales herramientas de trabajo. Hoy, cada vez más como mayor frecuencia e intensidad, es el WEB el vehículo de comunicación a través del cual se desarrollan mecanismos de búsqueda e intercambio de información entre los distintos grupos de investigación a escala mundial.

Los desarrollos en bases de datos distribuidas y el establecimiento de estándares para la búsqueda y recuperación de información viene empujando el crecimiento de redes de grupos de investigación que mantienen, generan y COMPARTEN herramientas de Tecnologías de Información, así como también la información contenida múltiples bases datos ambientales.

Si bien ha sido de reciente irrupción la ecoteleinformación, ésta está creciendo en la WEB en forma explosiva. Así lo refrendan casi una docena de sitios en INTERNET que promocionan y facilitan este tipo de actividades[40]. Entre ellos destacan significativamente las siguientes iniciativas

- *Long Term Ecological Research (LTER)*[2]. Fundada por al *National Science Foundation* de los Estados Unidos, vincula a más de un millar de investigadores focalizados en fenómenos y procesos ecológicos de grandes escalas espaciales y temporal. La *LTER* dispone en la actualidad de una veintena de sitios repositorios de información en los Estados Unidos y otros tantos distribuidos en 19 países miembros.

[2] `http://www.lternet.edu`

- *The Biodiversity Conservation Information System (*BCIS*)*[3]. Es un proyecto de alcance mundial con sede en el Reino Unido. Tiene por misión propiciar el intercambio de datos información y pericias entre más de una docena de organizaciones multinacionales miembros.

- *Pangaea* [4]. Es una red de datos geológicos y ambientales con énfasis en la publicación, distribución y almacenamiento masivo de datos concernientes a investigaciones en cambios ambientales/geológicos globales

Es importante, también señalar el desarrollo e instalación de redes de estaciones telemétricas que presentan sus datos en tiempo real a través del WEB: una meteorológica en el sur del estado de California[5] y otra para la valoración de las condiciones ambientales en área metropolitana del Dallas-Forth Worth[6].

2.1.2 Sistema de Pronósticos y Alertas de Plagas

Los sistemas de pronóstico tienen gran importancia como medio de racionalizar el uso de agroquímicos, reduciendo los costos de producción y manteniendo las plantaciones en buen estado sanitario. Como se mencionó arriba, Jiménez y colaboradores[37] diseñaron un sistema de pronóstico de incidencia de la Sigatoka Negra en las plantaciones de Musáceas en Costa Rica. Para la elaboración del sistema se evaluaron semanalmente la variables epidemiológicas (hoja más joven enferma necrosada, la suma bruta de daño en las hojas 2, 3 y 4 y el estado de evolución de la enfermedad) y las variables meteorológicas (temperatura, humedad y precipitación). También se calculó la duración de rocío mediante el modelo desarrollado para ese fin. A partir de la información meteorológica antes mencionada se obtuvo el número de horas con humedad relativa mayor de 90 y 95 %, número de horas con temperaturas mayores de 23 y menores de 28 °C, cantidad y duración de las lluvias y la duración de rocío.

A partir de este estas informaciones se determinó una importante correlación entre el grado de infección de la hoja 4 (NIH4) y duración de la lluvia (DLL). Posteriormente se efectuaron diferentes agrupaciones de esta variable pluviométrica con relación al NIH4 a fin de determinar el período de desplazamiento con el cual se obtenían las mejores correlaciones estadísticas.

La definición de los valores críticos necesarios para establecer las reglas de decisión se realizó analizando las fechas de aplicación en las parcelas tratadas y no tratadas y las variaciones semanales del NIH4 y de la DLL1, DLL2 y DLL3.

En base a esta información se establecieron las siguientes reglas de decisión: se debe efectuar un tratamiento con fungicida si han transcurrido de dos semanas desde la última aplicación y se cumple al menos una de las dos reglas siguientes:

1. El NIH4 aumenta más de 200 unidades en relación a la semana anterior, independiente de la duración de las lluvias.

2. La DLL 2 y la DLL 3 aumentan más de 5 horas, en relación a DLL1 y DLL2 respectivamente.

La metodología de pronóstico propuesta requiere que al menos se haya registrado la duración de la lluvia durante seis semanas y el nivel de infección de la hoja cuatro durante una semana, antes de iniciar su operación.

Los resultados obtenidos en las plantaciones de Costa Rica ha llevado a un uso más racional de los fungicidas, lo cual es indispensable para la sostenibilidad ecológica y productiva del agroecosistema plátano. Además, el sistema es simple, rápido, tiene reglas de decisión definidas y tiene un carácter predictivo de dos semanas con respecto a las lluvias, esto permite combatir la enfermedad en estados más sensibles a los fungicidas y por lo tanto en un momento más oportuno.

[3] `http://www.biodiversity.org`
[4] `http://www.pangaea.de`
[5] `http://csl.cse.ucsc.edu/projects/reinas/`
[6] `http://www.ecoplex.unt.edu/`

2.2 En el país

La conservación del ambiente según Ganry y Laville[41], demanda la búsqueda permanente de métodos racionales de combate de las enfermedades que garanticen la sostenibilidad productiva y ecológica de los agroecosistemas. Los sistemas de pronósticos tienen gran importancia para racionalizar el uso del plaguicidas, reducir los costos de producción y mantener las plantaciones en buen estado sanitario.

El nivel de influencia del clima sobre el ciclo biológico y la actividad de los agentes patógenos se conoce cada vez mejor, y presentándose cada vez más las relaciones cuantitativas entre ambos en forma de modelos matemáticos. La información generada parte de un valor práctico en la determinación de cuando se debería tomar la acción contra los patógenos de cultivos, para que sólo los tratamientos estrictamente necesarios sean aplicados en el momento más apropiado.

Existen algunos reportes técnicos relacionados con la climatología en la región del Sur del Lago de Maracaibo[11]. En ellos se evidencia una serie de hipótesis razonables basadas mayormente en argumentos cualitativos. Las únicas estaciones que registran y reportan información sobre Chubascos, son la de Santa Bárbara de Zulia (MARNR 2099) y la estación meteorológica de la fuerza Aérea Venezolana de El Vigía (FAV SVVG), sin embargo los informes no hacen uso de esos datos. En relación con la información de variables climáticas, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARN) mantiene algunos registros de estas variables medidas en un significativo número de estaciones[42]. Sin embargo, esta información además de no ser inmediata y de difícil acceso por parte de los investigadores, presenta muchas dificultades para ser utilizada fácilmente como insumo de modelos de pronóstico, tanto climáticos como fitosanitarios

En cuanto a la epidemiología de la enfermedad Sigatoka Negra en el Sur del Lago de Maracaibo no se han realizado trabajos continuos. Se pueden mencionar uno desarrollado en la Estación Local Chama del INIA sobre la evaluación de incidencia y severidad de la enfermedad a través del método de Stover[43] modificado por Guahl[44] y otro relacionado al análisis del comportamiento de registros de temperatura y humedad relativa del aire fuera y dentro del cultivo del plátano y su relación con el desarrollo de la enfermedad Sigatoka Negra en la Estación Local Chama y parcelas pilotos del SASA - Mérida [45]. Estos trabajos distan de ser suficientes para el establecimiento de sistemas de pronósticos de la enfermedad para la región.

En un estudio realizado por Jones en 1995[46], reportó que en esta zona, los fungicidas eran aplicados regularmente sin tener en cuenta las variaciones del clima, condición que influye sobre el desarrollo de la enfermedad y por tanto la cantidad de aplicaciones realizadas podrían crear un desequilibrio ecológico e insuficientes para controlar la enfermedad durante la épocas de mayor humedad, pero excesiva en las épocas secas. Por tanto recomendó establecer un sistema de monitoreo del hongo y determinar el efecto de los patrones climáticos sobre el desarrollo de la enfermedad. Orientando de esta forma a una mejor distribución de las aspersiones fungicidas y por ende, la reducción total de productos aplicados.

A escala nacional, un grupo de entes gubernamentales desde hace ya varios años vienen desarrollando el Programa Mejoramiento del Sistema de Pronóstico Hidrometeorológico Nacional denominado VENEHMET[47]. Si bien este megaproyecto tiene como misión "... procurar el mejoramiento de la generación y difusión de información y pronósticos meteorológicos e hidrológicos de manera precisa y oportuna, contribuyendo de esta forma a garantizar la seguridad de los ciudadanos, a incrementar la eficiencia de las actividades socioeconómicas de la nación y a preservar nuestros recursos naturales", sus dimensiones, costos y alcances se confabulan en su contra, por cuanto la base tecnológica evoluciona muy rápidamente. Consideramos que el surgimiento de proyectos con menor escala podría mantenerse actualizado tecnológicamente y seria más viable. En particular hay que hacer notar que la propuesta de VENEHMET que conocemos de Abril de 1999 no contempla la interacción de los usuarios a través de interfaces WEB.

3 SIBiLa, Sistema de Información Bioclimática del Lago

3.1 La Propuesta

El proyecto consiste en instalar una red de estaciones biometeorológicas (estaciones meteorológicas telemétricas + colectores de esporas) que cubra la región del Sur del Lago de Maracaibo (Zulia, Táchira, Mérida, y Trujil-

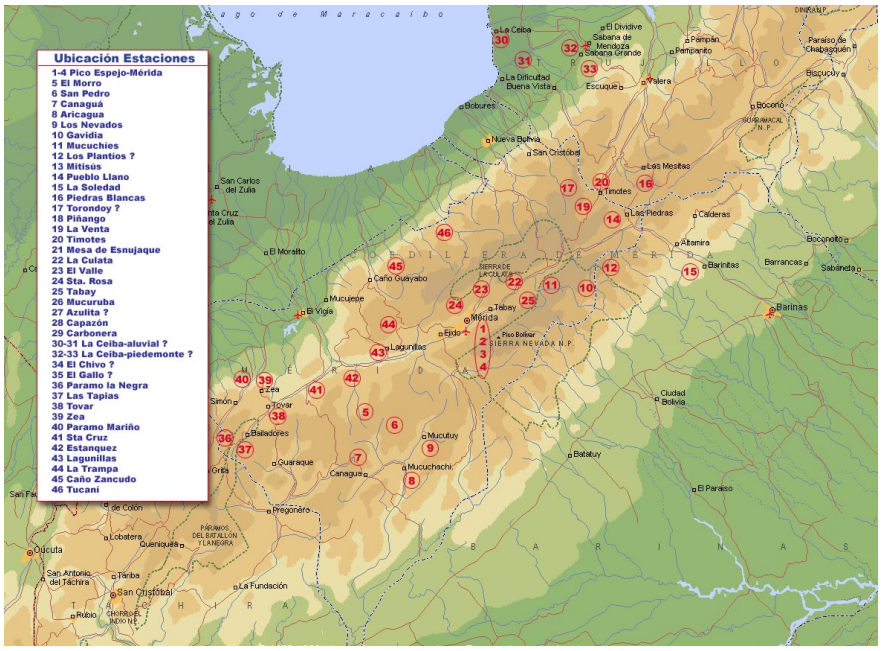


Figura 7: Distribución de las Estaciones Bioclimáticas en el Sur del Lago de Maracaibo y dentro del Estado Mérida

lo) y el interior del Estado Mérida tal y como se muestra en la figura 7. A partir de estos datos bioclimáticos medidos por las estaciones e información climática del dominio público disponible en INTERNET se propone generar un sistema de información a través del WEB que permita el acceso de investigadores, productores y organismos relacionados. La red de estaciones biometeorológicas telemétricas enviarán datos a centros de acopio locales y desde all´í, a través de la Red Teleinformática del Estado Mérida, al Centro Nacional de Cálculo Cient´ífico Universidad de Los Andes (CeCalCULA). Existirá un equipamiento en los centros de acopio regionales (INIA Trujillo, INIA Táchira, CIPLAT, Estación Chama, Bailadores, Caparo, Asequias, Mucuchíes, Sto Domingo, Timotes) que permitan generar, de forma automática, boletines informativos a los productores. A partir de los datos generados por las estaciones, se podrán formular en el futuro otros proyectos que hagan uso de los datos almacenados.

La primera etapa del proyecto se realizará en el Sur del Lago de Maracaibo, y se deberán instalar una docena de estaciones con centros de acopio de datos: INIA Trujillo, INIA Táchira, CIPLAT, Estación Chama. El desarrollo de esta red, permitirá depurar el sistema y sobre todo generar una organización para su instalación y mantenimiento. En paralelo, mientras se instala, opera y se almacenan los datos provenientes de la Red de Estaciones proponemos desarrollar un sistema de pronóstico de incidencia de plagas a través de la señalización bioclimática.

Este proyecto, hará uso se de los datos climáticos reales generados y almacenados por la Red de Estaciones Biometeorológicas y permitirán desarrollar medidas fitosanitarias, en un corto plazo, las cuales permitan el manejo efectivo de las plantaciones, en particular la de Musáceas en el Sur del Lago de Maracaibo.

3.2 Un proyecto Transdisciplinario-Interinstitucional

El Sistema de Información Bioclimática del Lago de Maracaibo (SIBiLa) es un proyecto que vincula áreas como la Meteorología, la Climatología, la Física Computacional, el Modelado Matemático y la Simulación, la Agronomía Tropical, y Sanidad Vegetal.

Será desarrollado como una cooperación interinstitucional entre:

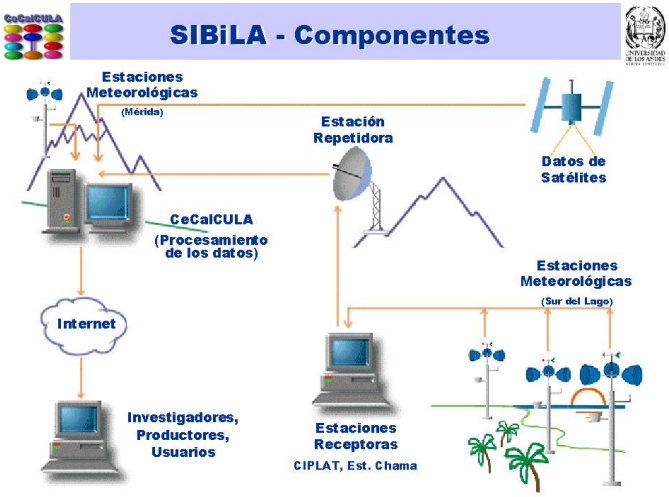


Figura 8: Componentes de SIBiLa

- el Parque Tecnológico de Mérida, representado por CeCalCULA y el Centro de Innovación y Modernización Empresarial;
- cuatro centros pertenecientes a tres Facultades de la Universidad de Los Andes: Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), y el Centro de Astrof´ísica Teórica(CAT), Laboratorio de Geof´ísica (LaGULA) de la Facultad de Ciencias; el Centro de Simulación y Modelado (CeSiMo) de la Facultad de Ingenier´ía y Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CIAE -Zulia y Táchira),
- Centro Internacional del Plátano (CIPLAT) Zulia
- FUNDACITE Mérida, y gobierno del Estado Mérida a través de la oficina SEPREDI.
- El Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Los Andes (CITEC-ULA).

3.3 Objetivos Generales

Este proyecto transdisciplinario tiene por objetivos generales:

- Instalar una red de estaciones biometeorológicas telemétricas en el Estado Mérida y en la zona sur del Lago de Maracaibo
- Desarrollar un sistema de información bioclimática para el estado Mérida y el Sur del Lago de Maracaibo (SIBiLa) que permita almacenar y compartir los datos climáticos entre los investigadores.
- Desarrollar un sistema de alertas temprana fitoepidemiológica para la Sigatoka Negra para el Sur del Lago de Maracaibo

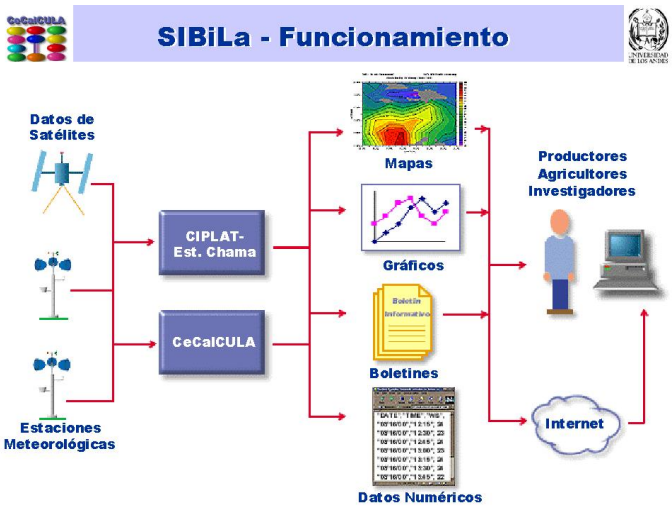


Figura 9: Productos del SIBiLa

3.4 Objetivos Específicos

- Crear un Sistema de Información Bioclimática para el Lago de Maracaibo (SIBiLa) y el Estado Mérida, basado en el establecimiento y operación de una red de estaciones biometeorológicas telemétricas de recolección de data bioclimática (variables climáticas + densidad de esporas).
  Esta información podrá ser utilizada para acometer proyectos de investigación meteorológica, agroindustrial y para divulgar los resultados de las investigaciones de este proyecto. Este sistema pondrá a disposición de los productoras e instituciones públicas y privadas, mediante interfaces WEB, las siguientes facilidades:
  - mapas sensitivos,
  - imágenes de satélites de la zona del dominio público disponibles en INTERNET,
  - información climático-geográfica (data cruda correspondiente a velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad del aire, precipitación, presión atmosférica, evaporación, temperatura y humedad del suelo) obtenida a través de la red de estaciones meteorológicas telemétricas.
  - datos históricos e informaciones provenientes de otras fuentes que registren datos para esta región (Ministerio de Ambiente, Aeropuertos, Asociaciones de Productores, comunidades organizadas, centros educativos)
  - alertas climática-fitoepidemiológicas generadas automáticamente por el sistema, y a ser distribuidas entre los productores mediante boletines informativos impresos.
- Desarrollar un mapa de siniestralidad con la ocurrencia de los chubascos.
- Realizar estudio de la Sigatoka Negra en varias localidades del sur del Lago de Maracaibo, distribuidas en tres entidades federales involucradas. Este estudio permitirá evaluar la migración de esta patología vegetal y relacionar su incidencia con las variables climáticas.
- Crear la base de datos fitoepidemiológica para la formulación de modelos de pronósticos de la enfermedad.
- Sentar las bases para un uso racional de agroquímicos en el cultivo con lo cual se espera reducir significativamente su impacto ambiental.

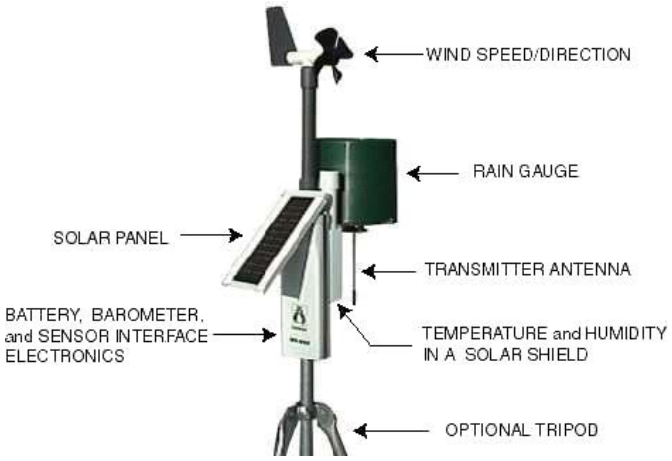


Figura 10: Esquema de la Estación Meteorológica

- Capacitar a las instituciones involucradas, productores y técnicos, en el manejo de las Tecnologías de Información y en particular del sistema de pronósticos generado.
- Desarrollar, mediante labores de ingeniería en reversa un modelo trampas cazaesporas.

4 Metodología a Emplear

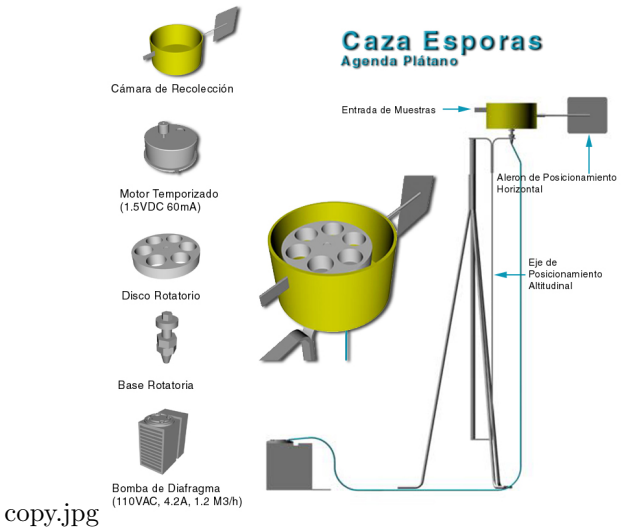
4.1 Red de Estaciones Meteorológicas

Se realizará un estudio para la instalación de 50 estaciones bioclimáticas (meteorológicas + cazaesporas) en regiones bioclimáticamente representativas y cercanas a (o dentro de) plantaciones de musáceas en el sur del lago y en todo el estado Mérida. Esta red deberá cubrir las cuatro entidades federales que participan en el Sur del Lago de Maracaibo y otras regiones agrícolas del estado Mérida. En esta propuesta se proponen un número de centros de acopio regionales (INIA Trujillo, INIA Táchira, CIPLAT, Estación Chama, Bailadores, Caparo, Asequias, Mucuchíes, Sto Domingo, Timotes). A cada centro de acopio llegarán las señales de tres o cuatro estaciones meteorológicas cercanas. Los centros de acopios radiarán datos a CeCalCULA a través de la Red Teleinformática del Estado Mérida para su procesamiento y colocación en la WEB. Cada centro regional dispondrá de un equipamiento mínimo para generar reportes y boletines impresos y poderlos distribuir entre los productores tal y como se muestra en la figura 9.

Tal y como se puede observar en la figura8 el levantamiento de datos se llevará a cabo mediante estaciones meteorológicas telemétricas del tipo que se muestra en la figura 10) y estaciones cazaesporas del tipo que se muestra en la figura 11. Las primeras son capaces de radiar datos automáticamente hacia centros de acopio regionales. Las segundas requieren de la intervención de un personal técnico que recolecte y evalúe el volumen de esporas constantemente. Esos datos también serán colocados y conservados en la WEB para que puedan ser accedidos por la comunidad académica, productores y cualquier otro organismo o individuo interesado.

Se ha realizado una evaluación técnica de las distintas estaciones meteorológicas[7] y las mismas poseen variedad de sensores y versatilidad para la comunicación de datos. Típicamente un módulo de una estación (*datalogger Rainwise* SR-10[8]), tiene una configuración estándar de 32 K de memoria no-volátil. Esto permite una capacidad de almacenamiento de 8^o días para un muestreo de 10 parámetros/hora. Se puede ampliar

[7] Los detalles se encuentran en `http://www.cecalc.ula.ve/proyecto_clima/estaciones1.html`
[8] `http://www.rainwise.com/`



copy.jpg

Figura 11: Diagrama esquemático del diseño de reingeniería de la Estación Cazaesporas.

esta memoria a 64, 128 y 256 K RAM. El *software* permite seleccionar el intervalo de registro en el campo o a través de computadora por conexión serial. Los siguientes pueden ser los intervalos iniciales, luego se podrán ajustar en la medida que se requiera.

No	Sensor	Intervalo de registro (min.)	Por hora	Por día	Por mes
1	Velocidad del viento	10	6	144	4320
2	Dirección del viento	10	6	144	4320
3	Temperatura del aire	60	1	24	720
4	Humedad del aire	60	1	24	720
5	Precipitación	30	2	48	1440
6	Presión atmosférica	180	-	8	240
7	Radiación solar	30	2	48	1440
8	Evaporación	30	2	48	1440
9	Temperatura del suelo	60	1	24	720
10	Humedad del suelo	60	1	24	720

Los datos obtenidos en cada estación serán transmitidos mediante una red telemétrica destinada para tal fin, a los centros regionales de acopio de datos en la zona del Sur del Lago.

Conjuntamente con las estaciones meteorológicas se instalarán trampas cazaesporas del tipo que se muestra en la figura 11. El objetivo del cazaesporas es la obtención de información sobre la variación del volumen de ascosporas (inóculo) presente en el ambiente. Con ello, se intentará determinar el patrón temporal de incidencia del inóculo, el cual será correlacionado con la evolución correspondiente de las variables climáticas. Así se definirán criterios cuantitativos tendientes a fijar los umbrales críticos del progreso de la enfermedad y con ello ir calibrando el sistema de pronóstico. Al correlacionar junto con las curvas las permitirán rastrear las esporas de la Sigatoka Negra y con ello obtener un registro de los niveles de incidencia y propagación del patógeno. Los datos procesados a partir de la red de cazaesporas, también serán acopiados en la Estación Chama y colocados directamente en la WEB. De este modo podrán ser accedidos sin necesidad del traslado del personal técnico.

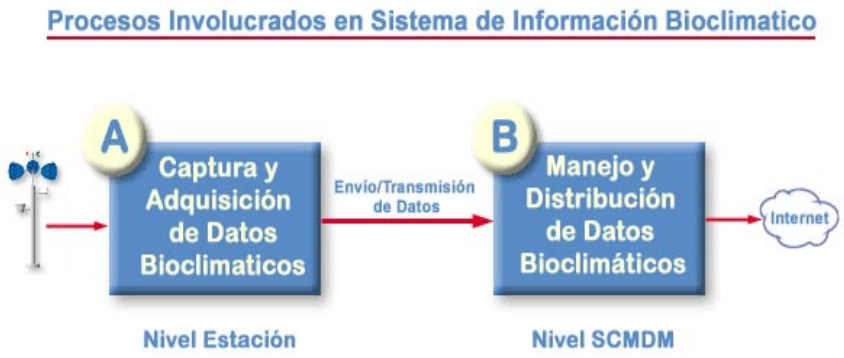


Figura 12: Esquema de Bloques de los Procesos para el Desarrollo del Sistema de Información Bioclimático

4.2 El Sistema de Información Bioclimática

El desarrollo del Sistema de Información Bioclimática, tal y como se muestra en la figura12, contempla dos grande bloques funcionales, los cuales se traducen en un cúmulo de actividades de diseño y desarrollo de programación en varios niveles. El primer bloque tiene que ver con el desarrollo de un conjunto de módulos de programación en varios niveles para la adquisición y captura de datos. Esta adquisición será automática o manual, respectivamente, según provenga de la red de estaciones meteorológicas, telemétricas o de usuarios con data relevante que harán su carga vía WEB. En esta última la data deberá ser validada para poder ser colocada en la Base de Datos. El segundo gran bloque funcional corresponde al diseño y desarrollo de un Sistema Centralizado para el Almacenamiento, Manejo e Interpretación de Datos y Metadatos (SCMDM). Este nivel definirá la forma para el manejo, distribución y almacenamiento de los datos generados, tanto por la red de estaciones automáticas, como por la incorporación de datos provenientes de usuarios.

SIBILA será desarrollado en Java y C++, para garantizar su portatilidad e independencia de plataforma. Así, este desarrollo podrá ser aplicado en otras situaciones donde se desee registrar datos y colocarlos automáticamente en la WEB. Tendrá como interfaz alguna base de datos comercial de tal forma que sea fácilmente escalable tanto en plataforma como con el volumen de datos que suponemos creciente.

4.2.1 Captura y Adquisición de datos

A este nivel conciernen todos los desarrollos que competan a la adquisición de datos de las estaciones. Si bien se adquirirán estaciones con el *software* que permita radiar esos datos, visualizamos el siguiente conjunto de actividades de desarrollo, principalmente en los centros de acopio.

- Establecimiento de mecanismo de conexión estación-computador de acopio primario de datos (en el caso de las estaciones automáticas). Téngase en cuenta que en un centro de acopio primario se pueden recibir datos de varias estaciones meteorológicas.
- Desarrollo de interfaces (WEB) de captura de datos y metadatos para los datos fitosanitarios y para aquellos sitios participantes que posean instrumentos y estaciones convencionales de medición y que, por lo tanto, requieran ser tanscritos.
- Establecimiento de estándares y procedimientos para almacenamiento y envío de datos y metadatos por parte de estaciones participantes. Esto implica entre otras cosas: escoger que parámetros se enviarán y almacenarán, establecer mecanismos y requerimientos de validación de la calidad de los datos, etc.

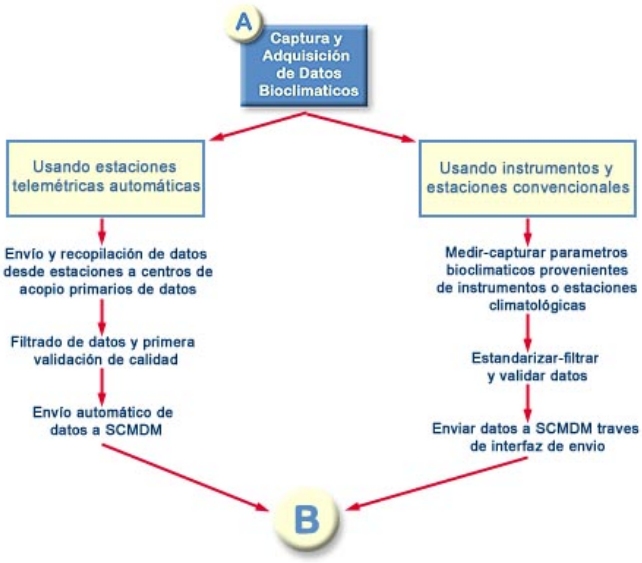


Figura 13: Actividades relacionadas con la Adquisición y Captura de Datos

- Diseño e implantación de filtros de estandarización y validación de datos. Esto consiste en implantar programas computacionales que transformen el formato de los datos generados por las estaciones automáticas, al formato común manejado por el SCMDM y las demás estaciones.
- Diseño de mecanismos de envío de datos hacia el SCMDM tanto para las estaciones automáticas como para las interfaces de usuarios ya mencionadas. Se consideraran aquí diferentes alternativas de envío por parte de los usuarios, i.e., INTERNET, teléfono, archivos con datos, entre otras.

4.2.2 Manejo y distribución de datos

Una vez que los datos son recolectados en los centros regionales de acopio, deberán ser enviados a la base de datos central. En este nivel conceptualizamos el siguiente conjunto de actividades:

- Diseño e implantación de mecanismos de recolección y filtrado (*harvesting*) de los datos provenientes de las estaciones y centros de acopio primario de datos. Se desarrollarán e implantarán programas que envíen sólo datos estandarizados a la base de datos central.
- Escojencia de herramientas de software a utilizarse (sistemas manejadores de base de datos, aplicaciones de procesamiento y visualización de los datos, etc.).
- Diseño e implantación de Base(s) de Datos para Metadatos y Datos Climatológicos.
- Diseño e implantación de programas de procesamiento de los datos, de generación de reportes, visualización de los datos, mapas, gráficos. Adicionalmente se podría usar aquí *software* de 3ros, lo que implica evaluar dicho software, adquirirlo y aprender a usarlo.
- Diseño e implantación de interfaces (WEB) y mecanismos de recuperación para los datos almacenados en la(s) base(s) de datos. Esto implica desarrollar Sitio WEB y FTP de consulta para los datos crudos y procesados. Mantener y alojar las bases de datos, programas y sitios WEB asociados.

Figura 14: Actividades Relacionadas con el Manejo, Distribución e Interpretación de los Datos

4.3 Sistema de pronóstico de plagas

La metodología que se utiliza es similar a la indicada por Jiménez y colaboradores en 1994[37], que se fundamenta en la variación temporal del nivel de infección de la enfermedad y la duración acumulada de la lluvia, durante las cuatro primeras de las seis semanas anteriores a la evaluación biológica para las condiciones en las plantaciones de Costa Rica. Esta metodología es simple y funciona con reglas de decisión, permitiendo hacer una previsión a dos semanas.

Las variables meteorológicas que se medirán son: temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento, por lo que se establecerá una estación meteorológica automática permanente o estaciones meteorológicas portátiles y además se medirá la humedad del suelo.

Por entidad federal, se seleccionarán cuatro localidades representativas de las zonas productoras consideradas. En ellas se ubicarán dos parcelas experimentales de aproximadamente una hectárea cada una. Una de las parcelas no recibirá aplicación de fungicidas para el combate de la Sigatoka Negra y a la otra se le aplicará el control químico siguiendo la metodología aplicada en la zona. Estas parcelas se ubicarán en fincas de productores.

El levantamiento de la data de la evolución de la enfermedad, se obtendrá evaluando semanalmente el crecimiento vegetariano de la planta (emisión foliar) y la presencia de los síntomas de la enfermedad (detalles en el apéndice **??** en la página **??** y en [48]).

Para la determinación del avance de la enfermedad se seleccionarán en campo diez plantas al azar y se cubren con bolsas plásticas de polietileno. Esto se realiza hasta la completa emisión de la hoja o desenrollamiento de los folíolos. Seguidamente, se retiran las bolsas y se realizan evaluaciones de la presencia o no de los síntomas de la enfermedad dos veces cada día. Así mismo, se toman muestras de tejido para la determinación del período de latencia a través de la identificación de estructuras reproductivas del hongo.

Se instalará una trampa cazaesporas en cada una de las parcelas consideradas en el estudio, con el propósito de determinar la cantidad de esporas existentes en un lapso de tiempo determinado en la plantación correlacionándolas con las variables climáticas y las prácticas agronómicas de la Zona. Se harán también

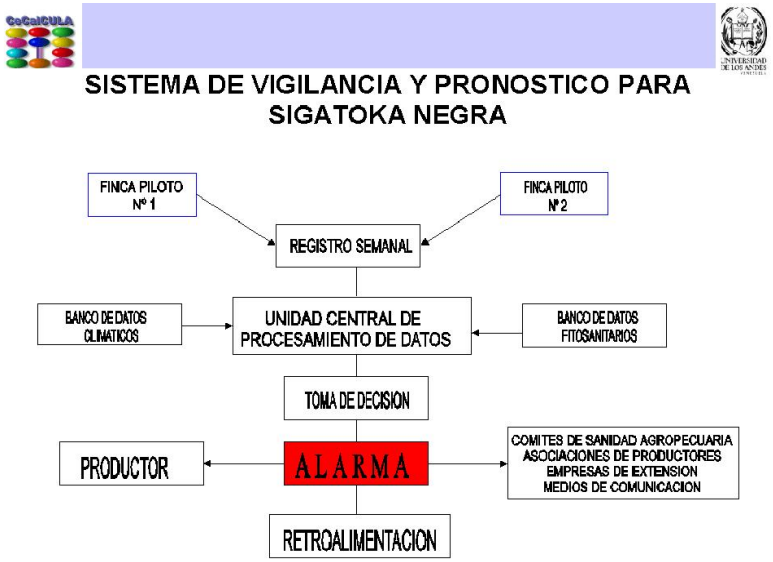


Figura 15: Esquema del Sistema de Pronóstico de Plagas

levantamientos e interpretación de los registros del colector de esporas colocado en cada una de las parcelas y se reportarán semanalmente en la red.

El rastreo constante de las condiciones climáticas nos permitirá determinar los siguientes índices:

- Precipitación acumulada (PA), se establecerán cinco índices considerando los siguientes criterios:
  - la precipitación acumulada a los ocho días anteriores a la evaluación,
  - sumando la precipitación de una, dos y tres semanas respectivamente y
  - la precipitación acumulada a los 15 días anteriores,
  - sumando una y dos semanas.
- Humedad relativa (IHR), que consistirá en la obtención del numero de horas con HR>85 % y HR>95% a los ocho y quince días anteriores a la evaluación.
- Temperatura (IT). Consistirá la determinación del número de horas con una temperatura entre los 23 °C y 28 °C.

Con los resultados obtenidos de la evaluación de la enfermedad y los índices climáticos y mediante el análisis de regresión múltiple se establecerán los modelos preliminares clima-incidencia y severidad de la enfermedad.

La actividad tendrá una duración de cuatro años, de los cuales de un año a 18 meses se usarán para establecer el modelo y tres años para su validación. Una vez establecido el modelo, se diseñaran las reglas de decisión que servirán de base para desarrollar el sistema de pronóstico.

5 Organización de la Investigación

La coordinación general del proyecto estará a cargo de Luis A. Núñez y el proyecto de grupo se organizará en torno a siguientes actividades, con sus correspondientes responsables y colaboradores

- *Instalación y calibración de la Red de Estaciones Meteorologicas Telemétricas.*
  El responsable del desarrollo de esta actividad será Carlos Guada (Laboratorio de Geofísica ULA), con la colaboración de Rigoberto Andressen (ICAE-ULA), Jesús Méndez (IUT Ejido) y Ramón Jaiméz (IIA-ULA).

- *Instalación y calibración de la Red de Cazaesporas*
  Estarán a cargo de la supervisión de esta actividad: Carlos Gómez (*INIA-CIAE -Zulia*) y Marielena Urdaneta (CIPLAT).

- *Desarrollo del Sistema de Información Bioclimática.*
  Estarán a cargo de la supervisión de esta actividad: Magdiel Ablan (CeSiMo) y Luis Núñez (CAT-CeCalCULA), con la colaboración de Rigoberto Andressen(ICAE-ULA), Jesús Méndez (IUT Ejido) y Ramón Jaimez.(IIAP-ULA)

- *Desarrollo de prototipo del Cazaesporas a partir de la Ingeniería en Reversa*
  El personal técnico del Centro de Innovación Tecnológica de la ULA (CITEC-ULA), coordinados por Dr. Marcos Rodríguez será el responsable de esta actividad bajo la supervisión de Luis A. Núñez

- *Desarrollo del Sistema de Pronóstico de Sigatoka Negra*
  Tendrá como responsables a Carlos Gómez (*INIA-CIAE -Zulia*), y Marielena Urdaneta (CIPLAT).

- *Relaciones con las Asociaciones de Productores*
  Estarán a cargo del desarrollo de esta actividad: Edward Casanova (CPTM) con la colaboración de: Carlos Gómez (*INIA-CIAE -Zulia*), y Marielena Urdaneta (CIPLAT)

6 Recursos Disponibles

6.1 Equipamiento

6.1.1 CeCalCULA y demás Centros de la ULA

El Centro de Cálculo Científico de la Universidad de Los Andes y los otros centros de la Universidad de Los Andes cuentan con un personal técnico altamente capacitado, una organización de gestión de proyectos tecnológicos institucionales y un equipamiento computacional de alto rendimiento. En particular

CeCalCULA:

Hardware:

- Computadores de Alto Rendimiento
  IBM SP2 (8 procesadores, 512 MB RAM/procesador), Silicon Graphics Origin 2000 (4 procesadores, 768 MB RAM), DEC Alpha Server 1200 (2 procesadores, 512 MB RAM) Cluster de PCs Intel (4 procesadores, 128 MB RAM/procesador), Cluster de multiprocesadores (8 procesadores duales)

- Estaciones de Trabajo
  2 Estaciones IBM – AIX ; 4 Estaciones Sun Sparc 20 - Solaris; 4 PC Intel Pentium - WinNT/Linux ; 1 Estación Silicon Graphics O2 - IRIX 1 Estación Gráfica INTERGRAPH 3D PII 350; 1 Estación Gráfica 3D PII 266 Digital PC-5510ST ; 1 Estación Gráfica 3D K6-266 ; 1 Estación Pentium Pro 200 ;

- Unidades de Almacenamiento Masivo
  Arreglo de discos de 72 GigaBytes 6 Unidades de Respaldo (4mm, 8mm, DLT streaming)

Software Herramientas computacionales: contamos con numerosas Herramientas para cada Area de Investigación, actualizadas a las últimas versiones. Entre otras destacamos:

- IBM Data Explorer; Software Kinetix: 3D Studio VIZ 2.0, 3D Studio MAX 3.0, Hyperwire, RadioRay 1.0.
- CFD GEOM; CFD-ACE; CFD-VIEW;
- Software Bentley: Microstation 2000, Microstation Triforma, Microstation MasterPiece, TeamMate for Microstation. Software Autodesk: Autodesk WalkThrough, AutoCAD LT Learning Assistance, AutoCAD LT 2000, Autodesk CAD Overlay, Visual Lisp R14, Whip!, Mechanical Desktop, AutoCAD Mechanical R14, Data Exchange R14, Autodesk View, AutoCAD Map, Autodesk MapGuide, Autodesk World, AutoCAD R2000
- SAS; MatLab; REDUCE; Maple;
- Ambientes de Programación Paralela: PVM, PVMe, MPI, LoadLeveler, High Performance FORTRAN (HPF), DB2-paralelo.
- Compiladores de Lenguajes: Compilador C, Compilador Fortran77, Compilador Pascal, Depuradores de Programas.

6.1.2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

INIA Zulia, Estación Chama Equipo de Laboratorio disponible: Autoclave vertical, Lupa estereoscópica, Cámara flujo Laminar, Aire acondicionado, 2 Baño de María, Estufas, Vehículo doble Tracción

INIA Trujillo Equipos de Laboratorio disponibles: Auto clave 5 litros, Cámara de Flujo Laminar, Estufa 70 x 70 cm. Destilador de Agua, Nevera, Microscopio con cámara, Microscopio estereoscopio, Computador Pentium, Balanza Analítica.

INIA Táchira Un Computador

6.2 Contingente Humano

A continuación detallamos las horas de dedicación de investigadores aportadas al proyecto por los distintos

- **Magdiel Ablan CeSiMo/Ingeniería ULA (8 horas semanales)**
  Especialista en modelaje en Ciencias Ambientales y Sistema de Información Geográfica.
- **Rigoberto Adressen ICAE/Ciencias ULA (8 horas semanales)**
  Meteorologo y Climatólogo.
- **Edward Casnova CIME/CPTM (4 horas semanales)**
  Economísta
- **Carlos Gómez (INIA) (12 horas semanales)**
  Ingeniero Agrónomo, Master en Ciencias
- **Carlos Guada LaGULA/Ciencias ULA (8 horas semanales)**
  Intrumentación Científica, Especialista en Instrumentación Científica y Telemetría.
- **Ramón Jaimez IIAP/Ciencias Forestales y Ambientales ULA (8 horas semanales)**
  Biólogo, especialista en biología vegetal

- **Luis A. Núñez CAT-CeCalCULA/Ciencias-CPTM (8 horas semanales)**
  F´ísico Computacional, con experiencia en gestión de proyectos institucionales.
- **Marielena Urdaneta CIPLAT (20 horas semanales)**
  Ingeniera Agrónoma, Fitopatóloga, con amplia experiencia en plátano.

7 Necesidades de Recursos para lograr los Objetivos Propuestos

A continuación presentamos las necesidades de recursos para desarrollar el presente proyecto. Ellos han sido discriminados por entidad federal. La idea es crear un red de estaciones biometeorológicas en el sur del Lago de Maracaibo y en el interior del estado Mérida.

Las necesidades han sido organizadas en dos niveles: los costos de instalación y operación de la red para la recolección de datos y en segundo lugar los costos del procesamiento de los mismos.

7.1 Equipos

7.1.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas

Equipamiento para diez (10) Centro Regionales de Acopio de Data Bioclimática
INIA Trujillo, INIA Táchira, CIPLAT, Estación Chama, Bailadores, Caparo, Asequias, Mucuchies, Sto Domingo, Timotes.

- Diez (10) computadores para la adquisición, interpretación local de los datos y publicación de boletines La configuración m´ínima de estos equipos ser´ía: Pentium III 500 MHz, 18 GB DD, 256 MB RAM, CD 24X, Unidad de respaldo JAZ, Radio Modem, Monitor 19 pulgadas.
- Diez (10) Impresoras Laser,
- Diez (10) UPS para protección eléctrica y operación independiente y cuatro plantas generadora portátiles generadora de electricidad 1 KVA
  Costo: US$ 50.000,oo o su equivalente en Bol´ívares
- Equipos de telecomunicación: Antenas para el envio telemétrico de la data adquirida por las estaciones meteorológicas.

Cincuenta (50) antenas de telecomunicación:	US $ 11.500.00
Doce (12) mástiles de 30 metros:	US $ 16.800,oo
Treinta y ocho (38) mástiles de 12 metros:	US $ 19.000,oo

- Estaciones de colección de data meteorológica automatizadas y telemétricas.
  Cincuenta (50) Estaciones meteorológicas: US $ 100.000,oo
- Estaciones caza esporas de recolección de data fitopatológica
  Cincuenta (50) Estaciones cazaesporas: US $ 75.000,oo

Total Equipos Red de Estaciones US$ 272.300,oo

7.1.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas

- Microscopio Trilocular, Olympus B-max-40 para la identificación de las esporas US$ 6300,oo
- 2 Platinas de calentamiento y agitación, Basic Ikamag US $ 1000,oo
- 1 Balanza electrónica, semi-analítica 200g y 0,001 g de precisión US$ 3700,oo
- Nevera sin escarcha de dos puertas vertical US $ 1.700,oo

Total Equipos Incidencia Plagas US$ 12.700,oo

7.1.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos

- Dos computadores para la adquisición e interpretación local de los datos. La configuración mínima de estos equipos sería: Pentium III 500 MHz, 18 GB DD, 256 MB RAM, CD 24X, Unidad de respaldo JAZ, Monitor 19 pulgadas. Estos equipos serán colocados en: el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), el Sistema Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA) del Ministerio de Agricultura y Cría;
  Costo: US$ 7.800,oo o su equivalente en Bolívares

- Equipos de telecomunicación: una antena para la recepción telemétrica de la data adquirida por las estaciones meteorológicas.

Una antena de telecomunicación:	US $ 230,00
Un mastil de 12 metros:	US $ 500,00
Equipo de posicionamiento global GPS diferencial:	US $ 800,00

- Manejador de Base de Datos US$ 5.000.oo

- Arreglo de Disco de 80 GB, el cual será utilizado para almacenar los datos de las simulaciones y de la información que provenga de la red de estaciones costo US$ 18.000,oo

Total Equipos Procesamiento y Publicación US$ 32.330,00

7.1.4 Resumen Equipos

Cronograma de Adquisición de Equipos

Actividad	US$ Año 1	US$ Año 2	US$ Año 3	US$ Año 4
Red Meteorológica	136.150	136.150		
Incidencia Sigatoka	7.300	5.400		
Procesamiento y Difusión	10.430	3.900	18.000	
TOTALES	153.880	145.450	18.000	

7.2 Servicios

7.2.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas

Actividad	US$ año 1	US$ año 2	US$ año 3	US$ año 4
Mantenimiento red transmisión telemétrica	10.000	12.000	15.000	22.000
Inscripción en la red de RETIEM	1.000	1.000		
Mantenimiento de red de RETIEM	6.500	7.800	8.970	10.031
Instalación de red de estaciones meteorológicas	10.000	10.000		
Mantenimiento de red de estaciones meteorológicas	8.000	8.400	8.880	8.456
Mantenimiento de vehículo automotores	3.200	3.440	3.728	3.592
TOTAL SERVICIOS	38.700	42.640	36.578	44.079

7.2.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas

Actividad	US$ Año 1	US$ Año 2	US$ Año 3	US$ Año 4
Mantenimiento, Equipos Laboratorio	600	600	600	600
Acondicionamiento Plantaciones	580	580	580	580
Análisis de Suelos	400	400	400	400
TOTALES	1.580	1.580	1.580	1.580

7.2.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos

	US$ año 1	US$ año 2	US$ año 3	US$ año 4
Inscripción en la red de RETIEM	100			
Mantenimiento de red de RETIEM	650	780	897	1.031
Desarrollo del Sitio WEB y sistema de Información	12.000	4.000		
Mantenimiento del Sistema de información Climático		4.900	4900	4900
Hospedaje de la Data Climática	0	5300	5300	5300
Difusión en las Comunidades	5000	5000	5000	5000
Totales	17.750	19.980	16.097	16.231

7.2.4 Resumen Servicios

	Servicios por Actividad			
Actividad	**US$ Año 1**	**US$ Año 2**	**US$ Año 3**	**US$ Año 4**
Red Meteorológica	38.700	42.640	36.578	44.079
Incidencia Sigatoka	1.580	1.580	1.580	1.580
Procesamiento y Difusión	17.750	19.980	16.097	16.231
TOTALES	58.030	64.200	54.255	61.890

7.3 Personal

7.3.1 Instalación y Operación de la Red estaciones biometeorológicas

No se prevee la contratación de Personal por cuanto se cubre su operación a través de la contratación de servicios.

7.3.2 Pronóstico de Incidencia de Plagas

Se requieren la contratación de cuatro (4) Técnicos Superiores Universitarios con el siguiente perfil. Se estima un sueldo mensual de Bs. 350.000,oo 14 meses al año, más prestaciones sociales.

- Dos (2) Técnicos Superiores Universitarios
  Tendrán bajo su responsabilidad, parte de la toma de muestras en campo bajo la supervisión de los respónsales de cada actividad, as´í mismo participarán en el procesamiento de las muestras en laboratorio para que los fitopatológos respectivos realicen la evaluación de las muestras, serán los encargados de preparación de reactivos y medios necesarios. Deberán semanalmente entregar un informe de las actividades realizadas según cronograma elaborado por el supervisor inmediato. Este personal será contratado por el tiempo de duración del proyecto a tiempo completo.

- Dos (2) Técnicos Superiores Universitarios.
  Tendrán bajo su responsabilidad el procesamiento de las muestras en el laboratorio para que los fitopatológos respectivos realicen la evaluación de las muestras, además realizarán la preparación de los medios y reactivos. as´í mismo se encargará de introducir datos epidemiológicos al computador. Este personal será contratado por el tiempo de duración del proyecto a tiempo completo.

Total Personal contratado por año Bs 25.200.000,oo

7.3.3 Procesamiento, Mantenimiento y Publicación de los Datos

Se prevee la contratación de cuatro estudiantes de maestr´ía, a razón de Bs. 250.000,oo mensuales, 14 meses al año, más prestaciones sociales. Estos estudiantes podrán pertenecer a las maestr´ías en Simulación, Ecolog´ía Tropical, Ciencias F´ísicas Fundamentales o cualquiera otra que se considere importante para el desarrollo del proyecto.

Total Personal contratado por año 18.000.000

7.3.4 Resumen Contratación de Personal

Contratación de Personal por Actividad

Actividad	**Bs Año 1**	**Bs. Año 2**	**Bs. Año 3**	**Bs. Año 4**
Red Meteorológica	-	-	-	-
Incidencia Sigatoka	25.200.000	30.240.000	36.288.000	43.545.600
Procesamiento y Difusión	18.000.000	21.600.000	25.920.000	31.104.000
TOTALES	**43.200.000**	**51.840.000**	**62.208.000**	**74.649.000**

Hemos supuesto un aumento interanual, por ajuste de inflacion, cercano al 20%

7.4 Materiales y Suministros

US$ año 1	US$. año 2	US$. año 3	US$. año 4
20.000	15.000	15.000	15.000

7.5 Viáticos y pasajes

7.5.1 Para trabajo de Campo:

Bs. año 1	Bs. año 2	Bs. año 3	Bs. año 4
7.000.000	7.000.000	8.000.000	8.000.000

7.5.2 Para adiestramiento

US$. año 1	US$ año 2	US$. año 3	US$. año 4
10.000	10.000	10.000	10.000

7.5.3 Total Viáticos

US$. año 1	US$ año 2	US$. año 3	US$. año 4
20.000	20.000	21.459	21.459

7.6 Totales

Totales del Proyecto

	Bs. año 1	US$	Bs. año 2	US$	Bs. año 3	US$	Bs. año 4	US$
Equipos		153.880		145.450		18.000		-
Servicios		58.030		64.200		54.255		61.890
Personal		61.715		74.057		88.869		106.642
Viáticos/pasajes		20.000		20.000		21.459		21.459
Insumos		20.000		15.000		15.000		15.000
Totales	224.555.500	313.625	236.480.594	318.707	155.402.982	197.583	170.903.293	204.991

Hemos supuesto una devaluación del Bol´ívar del 6% interanaual

8 Cronograma y Plan de Trabajo

	1^{er} Año				2^{do} Año				3^{er} Año				4^{to} Año			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación Información																
Histórica, Sinóptico Climática	X															
Cartográfica, Orograf´ía	X	X														
Biológica	X	X														
Red Telemétrica de Sensores																
Instalación y Afinación	X	X	X	X	X	X										
Registro de Data BioClimática				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sist. de Información Climático																
Desarrollo del Sistema de Información	X	X	X	X	X	X										
Mantenimiento del Sistema de Información					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sist. Alerta y Pronóstico de Plagas																
Desarrollo del Modelo	X	X	X	X	X	X										
Validación y Ejecución						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Conclusiones y Recomendaciones												X				X

8.1 Etapa piloto.

A través de un financiamiento inicial por parte de la Universidad de Los Andes, se tiene previsto iniciar una etapa piloto de operación de este proyecto. Esta etapa incluye la instalación y mantenimiento inicial de una estación biometeorológicas telemétrica situada en la Estación Chama del INIA en el Estado Mérida.

Con la operación de esta estación, se desarrollará el prototipo de la primera versión del sistema de información bioclimático del Sur del Lago de Maracaibo, cual estará disponible a través de INTERNET. Igualmente ganaremos experiencia con la trasmisión y manejo telemétricos de los datos[9].

9 Referencias Bibliográficas.

Referencias

[1] Ministerio de Agricultura y Cría. 1997. Algunas prácticas agronómicas para el cultivo plátano venezolano. 32 pp

[9] algunos de los primeros resultados de esta etapa piloto se encuentran documentados en `http://www.cecalc.ula.ve/proyecto_clima/`

[2] Govea, D. 1997. Fundamentos básicos en el manejo de plantaciones de plátano Hartón (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón). *Curso de Bananicultura.* UCLA-CONICIT-FONAIAP. 9 pp.

[3] Segnini, L.1980. Disponibilidad de suelos para plátanos en el a Cuenca del Lago de Maracaibo. II Encuentro de Investigadores de Plátanos y Cambures. El Vigía, Venezuela.

[4] Delgado, M., García, A., Nava, J., Carroz, G., Barboza, F., 1998. Diagnóstico técnico-socioeconómico de la zona platanera subregión Sur del Lago de Maracaibo. *Informe Técnico CORPOZULIA-FUSAGRI.* Sp

[5] Sáez, V. y Rivas, C. 1992. Zonificación agroclimática de cultivos en la región Sur del Lago de Maracaibo (Estado Zulia). MARNR. 108 pp.

[6] Hurst, G. W. 1968. Areal infiltration by windborne insects and spores in *Agroclimatological methods: Proceedings of the Reading Symposium. UNESCO*, p. 153 - 156.

[7] Torres, E., 1983, Agrometeorología, México: Editorial Diana

[8] Lyons, W. A. 1966. Some effects of Lake Michigan upon squall-lines and summertime convection. *9th Conference Great Lakes Res., Proceedings.* Univ. of Michigan, p. 259 253.

[9] Lyons, W. A. y J. F. Chandik. 1971. *Thunderstorms and the lake breeze front. Preprints 7th Conference Severe Local Storms.* Amer. Meteorological Soc., p. 46 54.

[10] Barry, R. G. 1981 Mountain weather and climate. London: Methuen & Co. Ltd. 313 p.

[11] Andressen, R. 1999 Informe sobre el Comportamiento de los Vientos en el Sector Sur del Lago de Maracaibo'. *Informe Técnico, ICAE, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes.*

[12] Fujita, T.T., 1985, The Downburst, Microburst and Macroburst Satellite and Mesometeorology Research Project (SMRP) Resarch Paper 210, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago.

[13] Procter, Fred H., 1988, Numerical Simulations of an Isolated Microburst. Part I: Dynamics and Structure *Journal of Atmospheric Sciences*, **45**, 3137.

[14] Procter, Fred H., 1989, Numerical Simulations of an Isolated Microburst Part II: Sensitivity Experiments *Journal of Atmospheric Sciences*, **46**, 2143.

[15] Wolfson, M., 1983 Doppler Radar Observations of an Oklahoma Downburst, *21st Conference of Radar Meteorology*, Edmonton, Alberta, American Meteorlogical Society, p. 509.

[16] Wilson, J.W., Roberts, R.G., Kessinger, C., y McCarthy, J. 1994, Microburst Wind Structure and Evaluation of Doppler Radar for Airport Wind Shear Detection *Journal of Climate and Applied Meterology*, **23**, p. 898.

[17] Fujita, T.T., y Carcena, F.F., 1977, An Analysis of Three Weather Related Aircraft Accidents *Bulletin of the American Meteorlogical Society*, **58**, 1164.

[18] Carcena, F., y Flueck, J.A., 1988, Classifying and Predicting Microburst Activity in the Denver Colorado Area, *Journal of Aircraft*, **25,** 525.

[19] Rhodes, P. 1964. A new banana disease in Fiji. *Commonw. Phytopath. News.* **10**, 38.

[20] Stover R.H. 1980. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease.* **64**, 750.

[21] Stover R.H y Simmonds N.W. 1987. Bananas. *Longman Group. U.K.* 468 pp.

[22] Stover, R. y J. Dickson. 1976. Banana leaf spot caused by Mycosphaerella musicola and M. fijiensis var difformis: a comparisosn of the first Central American epidemics. *FAO Plant Protection Bulletin.* **24**,36.

[23] Fullerton, R. y R. Stover. 1990. Sigatoka leaf spot diseases of bananas: *Proceeding of an international workshop.* INIBAP. San José, Costa Rica. 374 p.

[24] Tejerina, J., G. Meriles, R. Stover, R. Ploetz y S. Romanoff. 1997. First report of black sigatoka in Bolivia. *Plant Disease.* **81,**1332.

[25] Clay, K. y Kover, P. 1996. Evolution and stasis in plant pathogen associations. *Ecology* **77**, 997.

[26] Martínez, G. 1997. Situación actual de la sigatoka negra en Venezuela. *INFOMUSA*. **6**, 16.

[27] Tarté, T. 1994. Sostenibilidad y producción de banano para la exportación: percepción del futuro. *ACORBAT XI Reunión,* Costa Rica. Pg 3-12

[28] Nava, C. 1988. Evolución del paquete productivo de los productores. 1973 -1988. Mimeog.

[29] INFOMUSA. 1993. Noticias de Musa América. **4,**11.

[30] Rapilly, F. 1982. Aspect phytosanitaries des systemes de culture et des systemes de production. *Bulletin Technique Information.* **370/372**, 479.

[31] Pérez, L y F. Mauri 1993. Caracterización morfológica y cultural del patógeno de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) . *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal Ministerio de Agricultura. Informe final 003.14.12.* La Habana, Cuba.

[32] Pérez, L y F. Mauri 1994. Epidemiología de la sigatoka negra causada por Mycosphaerella fijiensis Morelet en Cuba. *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal Ministerio de Agricultura. Informe final 003.14.14.* La Habana, Cuba.

[33] Porras, A y L. Pérez. 1993 Método para el cálculo de las sumas de velocidades de desarrollo para el pronóstico bioclimático de los tratamientos contra Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) y amarilla (M. musicola) a partir de la temperatura máxima y mínima diaria. *VIII Forum de Ciencia y Técnica.* La Habana, Cuba.

[34] Fouré, E. 1988. Strategies de lutte contre la Cercospora noire des bananiers et des plantains provoqueé par Mycosphaerella fijiensis Morelet. L' avertissemente bilogique au Cameroun. Evaluation des possibilities de amelioration. *Fruit* **43**, 269.

[35] Pérez, L y F. Mauri 1992. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de crecimiento de Mycosphaerella fijiensis Morelet in vitrpo. Determinación de las temperaturas cardinales para el crecimiento del patógeno. *Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura. Informe final. 003.14.11.* La Habana, Cuba.

[36] Bureau E. 1987 Adaptation de un systéme dávertissement á la lutte contre la Cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) en plantations de banane plantain. *Fruits,* **45,** 329.

[37] Jiménez F., Tapia A. C., Gribuis N., y Escalant J.V. 1994. Relation entre la dureé de la pluie et le developpement de la Cercosporiose noir sur le banane et le plantain. Proposition d'un systéme d'avertissement biométéorologique . *Fruits* **50**, 87.

[38] Pérez-Vicente, L 1996 Sigatoka Negra y Amarilla, causadas por Mycosphaerella fijiensis Morelet y Mycosphaerella musicola Leach ex Mulder. Biología, Epidemiología y Manejo Integrado en Cuba, en notas del Curso Internacional de Sanidad Vegetal en los Cultivos de Banano y Plátano. 24 - 28 de febrero de 1996. Ciudad de la Habana. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura de Cuba.

[39] Pérez, L.1996. Sigatoka negra y amarilla causada por Mycosphaerella fijiensis Morelet y M. musicola Leach ex Mulder. Biología, epidemiología y manejo en Cuba. *Curso de Sanidad vegetal en los cultivos de plátano y banano.* La Habana, Cuba.

[40] *Long Term Ecological Reseach (*LTER*):* `http://www.lternet.edu`
*Biodiversity Conservation Information System (*BICS*):* `http://www.biodiversity.org`
Pangaea: `http://www.pangaea.de`
Internet Map Server Technology: `http://ims.wcmc.org.uk`
NASA's Global Change Master Directory: `http://gcmd.gsfc.nasa.gov`
National Oceanographic Atmosferic Administration: `http://www.noaa.gov`
Australia's LIFE Project: `http://abren.csu.edu.au`
UK Marine Environmental Data Network: `http://www.oceannet.org`
*The Environmental Information Centre (*NERC*):* `http://www.nmw.ac.uk/ite/eic.html`
Hydronet: `http://www.r-hydronet.sr.unh.edu/spanish/`

[41] Ganry, J. y Laville, E. 1983. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Evolution traitements. *Fruits* **38**, pp. 3-34.

[42] **Sistema Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica 1997**. *Datos meteorológicos de las estaciones Caracolí y Santa Bárbara del Estado Zulia.* sp.

[43] Stover, R.1972. Banana plantain and abaca diseases *Commonwealth Agricultural Bureaux.* England. 316 pp.

[44] Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis, Morelet) en plátano (Musa sp.) en Costa Rica. *Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB),* Panamá. 126 pp.

[45] Zabala, M. (1996). Efecto del Control de la Sigatoka Negra (M. fijiensis Morelet) sobre el beneficio económico del plátano (Musa AAB Plátano cv Hartón) en el sector Sur del Lago de Maracaibo. Tesis de grado. Maestría en Gerencia de Agrosistemas. Universidad del Zulia, Maracaibo. 73 pp.

[46] Jones, D. 1995. La sigatoka negra en Venezuela. *INFOMUSA.* **4**,13

[47] VENEHMET 1999: Resumen Técnico de la Propuesta. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables, Versión Abril 1999.

[48] Bureau, E., Marín, D. y Guzmán, J. 1992. El sistema de preaviso para el combate de la Sigatoka Negra en banano y plátano. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB). Panamá. 40 pp.

[49] Collela, J., y Woodward, B., 1984, The Piecewise Parabolic Method (PPM) for Gas-Dynamical Simulations *Journal of Computacional Physics*, **52**, p. 174.