

Vargas Jarquín, Edgardo.

La medición y vigilancias de la enfermedad de la mancha foliar producida por la sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* var *diformis* Morelet) en la producción de musáceas: un enfoque para lograr la sostenibilidad del desarrollo

Tecnología en Marcha, Vol. 21-1, Enero-Marzo 2008, P. 89-96

La medición y vigilancias de la enfermedad de la mancha foliar producida por la sigatoka negra (*Mycosphaella fijiensis* var *diformis* Morelet) en la producción de musáceas: un enfoque para lograr la sostenibilidad del desarrollo

Fecha de recepción: 09/10/2007

Fecha de aceptación: 10/10/2007

Edgardo Vargas Jarquín¹

*En el presente trabajo se discute la necesidad de utilizar tecnología, como el procesamiento digital de imágenes para mejorar los procesos de medición y vigilancia de la enfermedad de la mancha de la hoja causada por SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaella fijiensis* var *diformis* Morelet), pero partiendo de un análisis epistemológico que fundamenta al desarrollo sostenible, que es el marco dentro del cual se encuentra sentido a la aplicación de esta tecnología.*

Palabras clave

Sigatoka negra, Epistemología, Desarrollo Sostenible, Procesamiento Digital de Imágenes, Tecnología de la Información, mancha de la hoja, Agromática, Agrotrónica.

Key words

Agricultural information technology (AIT) Black Sigatoka, monitoring, digital image processing, information technology, epistemology, suitable development, leaf spots, agroinformatic, agrotronic.

Resumen

En el presente trabajo se discute la necesidad de utilizar tecnología, como el procesamiento digital de imágenes

*para mejorar los procesos de medición y vigilancia de la enfermedad de la mancha de la hoja causada por SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaella fijiensis* var *diformis* Morelet), pero partiendo de un análisis epistemológico que fundamenta al desarrollo sostenible, que es el marco dentro del cual se encuentra sentido a la aplicación de esta tecnología. Así se define que es la gobernabilidad benéfica del ambiente lo que dirige la gestión de los diferentes actores y esta se da en virtud de comprender, mantener, proteger y administrar la complejidad ambiental.*

Se señala como uno de los principales inconvenientes de la producción de musáceas la enfermedad de la sigatoka negra, pues produce costos de producción de aproximadamente 1.300 dólares al año por hectárea y, por sí solo, el combate de

1. Profesor Adjunto, Escuela de Computación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede de San Carlos. Correo electrónico: edvargas@itcr.ac.cr

esta enfermedad llega a ser el 80% del costo en uso y aplicación de pesticidas.

Se discute sobre el enfoque de los trabajos de investigación para el desarrollo sostenible en el cultivo de las musáceas.

Se presentan dos experiencias para medir y vigilar la sigatoka negra. En un caso se desarrolla un sistema convencional denominado SiMu, que permite utilizar medios computacionales asistidos para, sobre todo, medir y vigilar la incidencia de la sigatoka. En el otro caso se utiliza tecnología de procesamiento digital de imágenes para realizar ese mismo trabajo pero con un mayor nivel de automatización.

Queda planteada la interrogante de si esta tecnología se puede usar para pequeños y medianos productores, tanto de banano como de plátano, puesto que en ese tipo de unidades no se podría tener una forma económicamente viable para obtener imágenes digitales aéreas.

Abstract

In this work it discussed the necessity to use technologies, as is the digital image processing to improve the processes of measurement, and monitoring of the disease in the leaf spots caused by BLACK SIGATOKA (Mycosphereella fijiensis var diformis Morelet), starting off of an epistemologist analysis that bases the sustainable development that is the frame within which the author finds sense to the application of this technology. Thus it is defined that it is the beneficial governability of the environment which must direct the management of the different actors, and this occurs by virtue of understanding, maintaining, protection, and administration of the environmental complexity.

The Black Sigatoka disease it is indicated like one of the main disadvantages of the cultivation Musa spp, because it by itself generate production costs of

approximately 1,300 dollars per year by hectare, and the combat of this disease, gets to be 80% of the cost in use, and application of pesticides.

It discusses on the advance of the investigation works for the sustainable development in the Musa spp cultivation.

Two experiences appear on the use of the "Agroinformatic" as a monitor of the Black Sigatoka. In a case a conventional system denominated SiMu is developed, it allows to use attended computer mainly for to monitor incidence of the Sigatoka. In the other case technology of Digital Image Processing is used to carry out the same work with some automation.

It raised the question, that if this technology it is possible to be used for smallholder banana or plantain producers, since in that type of units it is not able to obtain an economically viable form to get aerial digital images.

Introducción

Desde antes de los años 80 del siglo pasado, se inició una reforma del pensamiento científico sobre el rumbo que llevaba el planeta en función de los procesos de desarrollo, que solo estaban dirigidos hacia el productivismo y al aumento del consumo, aunque es cierto que siempre hubo críticas.

En los años posteriores se aumentó la conciencia colectiva sobre los problemas ambientales y se comenzó el proceso sobre advertir de los cambios y deterioros de las condiciones que permiten la vida; además, se calificó como imposible de sostener y menos de generalizar, los estilos de vida de los países llamados desarrollados por estar basados en la depredación de los recursos naturales y de los mismos humanos.

Estos cambios llevaron a grandes industrias a replantearse la forma en que llevaban a cabo sus procesos

Desde antes de los años 80 del siglo pasado, se inició una reforma del pensamiento científico sobre el rumbo que llevaba el planeta en función de los procesos de desarrollo, que solo estaban dirigidos hacia el productivismo y al aumento del consumo, aunque es cierto que siempre hubo críticas.

productivos, y más aún, tuvieron que hacerlo aquellas en las que se hacía uso masivo de recursos naturales. En ese sentido, la industria bananera fue una de las primeras en plantear la necesidad de virar sus prácticas, aunque con el pasar de los años no se hayan logrado cambios sustanciales.

El problema de plantearse una reorientación de los procesos de producción en la industria de las musáceas para lograr la meta de hacer sostenible un proceso de desarrollo, debe partir de la socialización, dentro de la comunidad de científicos, en primer término y en el resto de la comunidad, del concepto de la sostenibilidad que al no estar realmente respaldado por un núcleo social que pueda considerarse suficiente para que actúe como masa crítica, mucha de la investigación que se realiza sigue orientada a prácticas contrarias al ambiente e incluso a la ética. De aquí la necesidad de discutir qué es la sostenibilidad fundamentar el desarrollo de un proceso de investigación que sea coherente con los principios que se desarrollen.

El propósito de este artículo es discutir sobre la conveniencia de mejorar las formas de medir y vigilar la incidencia de la sigatoka negra, en el tanto esa práctica puede hacer que se mejore el proceso de producción, evaluando esta mejoría desde la perspectiva del desarrollo sostenible. Para ello se pretende definir en primer lugar qué se entiende por desarrollo sostenible, partiendo de sus bases epistemológicas. También se hará un repaso de la tecnología por usar, justificando su utilización y haciendo un recuento de aplicaciones que son ejemplos que permiten guiar un posible desarrollo tecnológico.

El enfoque epistemológico del desarrollo sostenible

Adoptando un visión epistemológica basada en la historicidad propuesta por Thomas Kuhn (1962), el paradigma del desarrollo sostenible tiene que ver con todos los compromisos compartidos por toda la comunidad de científicos, que buscan que los sistemas naturales no se destruyan a causa del proceso de producción de bienes y servicios con los cuales se trata de cubrir las diversas necesidades de la humanidad.

En el principio 3.º de la Declaración de Río (ONU, 1992) se define que: El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Sobre la definición antes citada se ha dicho que es conveniente teóricamente, pero es casi imposible instrumentar medios que la pongan en práctica. Así, Rayén Quiroga (2001) indica: Como ya se ha dicho, ni el concepto de sostenibilidad, ni el de desarrollo sostenible, cuentan con un consenso global, aunque se ha desarrollado bastante la discusión sobre sus componentes.

Entonces siempre que se hable de sostenibilidad, o desarrollo sostenible, debe especificarse cómo se entiende para que la gran masa de científicos, ambientalistas y ciudadanos en general, sepa distinguir las acciones propuestas gracias a sus fundamentos.

Por tanto debe iniciarse por definir qué es lo que se quiere sustentar en el tiempo. Si se asume una perspectiva homocentrista, se diría que lo que se quiere sustentable es la vida humana; así, las necesidades humanas deberían ser prioritarias, aunque este enfoque tiene la deficiencia de desconocer las otras formas de vida y no solo sus necesidades, sino las mismas del hombre, en el tanto este no puede existir sin las otras formas de vida.

Otra posibilidad es orientarse por la relación con la misma naturaleza y, por

lo tanto, usar la complejidad ambiental como derrotero para definir lo que debe ser sostenible. Es lógico, según se puede observar en todos los procesos biológicos, que la gran diversidad de vida es lo que en el tiempo se ha mantenido; así la naturaleza no se ha mantenido estática y, en consecuencia, no es el medio en su forma actual lo que hay que mantener; por esto, lo que siempre ha estado presente no son las especies en particular, ni las condiciones atmosféricas de un periodo dado; lo que siempre ha estado presente es la complejidad ambiental.

¿Cómo se conoce la complejidad? ¿Qué valores y principios epistemológicos orientan el proceso cognitivo hacia la percepción y la interpretación de la complejidad ambiental, de modo de formarse para intervenir en la gobernabilidad benéfica del ambiente?, se pregunta Pesci (1999).

En los últimos años del siglo XX, se gestó una idea sobre la ciencia y la tecnología que nació con los pensamientos cartesianos, la Ilustración, y tomó fuerza gracias a la sociedad productivista, que los filósofos han denominado como el “proyecto de la modernidad”; así nace el cientificismo (Diéguez, 2005), que exalta dogmáticamente la racionalidad científica. Por su parte, el entronque social y político de la ciencia refuerza la visión de supremacía de este saber científico sobre todos los demás y, a la vez, produce un dominio social, económico y político, que se aplica por medio de las instituciones que hacen ciencia, las cuales, evidentemente, tienen que alinearse a los intereses de los donantes, sean estos privados o públicos. Este mismo entronque social y político de la ciencia se despreocupa materialmente de la complejidad ambiental, lo que conlleva a un menosprecio de todo lo vivo en virtud de la productividad y en los últimos años, del comercio, al cual se adora como a dios del progreso.

Se contraponen a todo este movimiento el influjo posmodernista que trae consigo una dimensión epistemológica, que permite relacionar hechos materiales y espirituales, científicos y artísticos, y tangibles e intangibles. Así, todos los nuevos enfoques de la Ecología, la Teoría de Sistemas, filosofía de la incertidumbre y el caos, el pensamiento gestáltico de la psicología, sustentan el primer principio que autores actuales traducen como sentir/pensar (Pesci, 1999). Este principio permite recuperar tanto la potencia del pensamiento racional, fundamentado en la lógica y la ciencia y a la vez utilizar el poder de lo irracional, ese pensamiento analógico, vinculado con lo artístico y estético.

Es con ese sentir/pensar que debe ser abordada la noción del ambiente para poder considerar en su verdadera magnitud la complejidad ambiental. Por esto, la noción ambiental se transforma en una potencialidad y no en una restricción, según la visión del cientificismo. La idea fundamental es partir de la premisa de la gobernabilidad benéfica del ambiente, donde deben participar gobernantes, científicos, especialistas, y la gente común, que, juntos, deben tener y desarrollar una capacidad de proyección, que permita generar una propuesta ambiental capaz de producir un proyecto social solidario, el cual se formula con el pensamiento analógico (artístico). (Pesci, 1999)

La capacidad de proyección se vuelve entonces una prioridad de la educación, cuya misión es la de producir autores sociales y no solo expectadores. La educación en este caso debe ser vista como un elemento transdisciplinario para que pueda soportar todos los saberes a fin de manejar proyectos; en ese tanto, la educación debe reenfocarse para desarrollarse por proyectos y así genere y transmita los saberes de estos. Estos saberes de proyectos integran sinérgicamente los conocimientos de la

complejidad ambiental, el diálogo de los saberes humanos (saber cotidiano, saber mítico, saber filosófico, saber científico y saber tecnológico) y las destrezas disciplinarias. (Pesci, 1999)

En este proyecto educacional—la educación por proyectos— se requiere de un cambio de actitud que implica desarrollar nuevas aptitudes de interpretación científica por un lado y nuevas destrezas por el otro. En lo primero, deben desarrollarse aptitudes para definir patrones (encontrar patrones en el ambiente y dentro de la complejidad de este), identificar interfases y desarrollar habilidades de percepción. Por su parte, las nuevas destrezas deben permitir el desarrollo de nuevas soluciones alternativas que consideren la necesidad de reprimir las externalidades negativas, pero, sobre todo, el replanteamiento de la sociedad productivista y el tipo de producción y consumo que conlleva. (Pesci, 1999)

Al final, se debe indicar que la visión implica considerar el ambiente como un proyecto continuo, proyecto que considera los saberes del proyecto, tal y como se definió, y que a su vez sustentan, definen y condicionan los proyectos de desarrollo sostenible que a la vez son determinados por las nuevas aptitudes de interpretación científica. (Pesci, 1999)

El objetivo es que actores sociales se transformen por medio de la acción formativa en autores ambientales, de manera que sustenten una cultura proyectual necesaria para construir una cultura ambiental o de sostenibilidad. La premisa de la que se parte es que deben formarse para afrontar la gobernabilidad de sistemas complejos, abiertos, vivientes y procurar su sostenibilidad. (Pesci, 1999)

La Tecnología de la Información y el Cultivo de las Musáceas

El desarrollo de la Tecnología de la Información (TI) tanto en software como en hardware y el conocimiento científico que lo sustenta han propiciado que se hagan esfuerzos para lograr utilizar esto en una gran diversidad de áreas del quehacer humano.

Una de las áreas de aplicación es la industria agropecuaria, así para distinguirla se acuñaron los términos de la Agromática y la Agrotrónica, ambos relacionados con la aplicación de principios y técnicas de la Informática o la Electrónica en ese campo.

La Agromática y la Agrotrónica consisten en aplicaciones que tienen entre otras las funciones de:

- 1. Procesar los datos ecológicos, biológicos, tecnológicos y económicos que representan a un agrosistema con bases de datos u otra tecnología*
- 2. Implementar modelos conceptuales, de datos y matemáticos*
- 3. Coadyubar en la selección de las mejores alternativas de manejo, organización o comercialización a partir de criterios productivos, económicos y ecológicos con sistemas de soporte de decisiones*
- 4. Crear dispositivos de captura y transmisión de señales para aplicaciones agrícolas y pecuarias*
- 5. Transmitir la información en tiempo y forma adecuadas.*

En ese tanto, se habla de crear herramientas que permitan realizar ejercicios de planificación agroecológica para lograr mejorar el uso del espacio de las parcelas, de las fincas, y a nivel de desarrollo local y regional, en función de la adaptabilidad de los suelos y el clima para los cultivos. También se habla de desarrollar proyectos de energía renovable, energía proveniente de biomasa de madera, desechos de podas y raleas, recolección y utilización de metano producido en lecherías.

Otro espacio de aplicación es el de automatización de sistemas intensivos de producción, que considera la medición y control de variables como las ambientales (temperatura, humedad relativa, horas de luz, concentración de CO₂, calidad del agua residual de procesos agropecuarios, entre otros) asociadas a la producción de cultivos o especies animales mediante la generación de avisos que hacen funcionar dispositivos que posibilitan mantener esas variables en los rangos requeridos. La Agrometeorología y la Agricultura basada en la Información hace posible un amplio conjunto de soluciones para el control y seguimiento de las variables meteorológicas y el diseño de sistemas de riego, pronóstico de enfermedades y modelos de fenología de cultivos. Así, otra área de aplicación tiene que ver con la rastreabilidad en tiempo real, para lo que se deben desarrollar dispositivos para medir y vigilar sistemáticamente líneas de procesos agrícolas y agroindustriales, de manera cuantitativa y cualitativa.

Desarrollar aplicaciones de TI para la medición y vigilancia de las variables que permitan calcular los índices de sostenibilidad podría reducir la utilización de agroquímicos debido a que se mediría su impacto.

En el Instituto Tecnológico de Costa Rica se inició en el año 2000 un proyecto de investigación que contemplaba pruebas agronómicas y el desarrollo de un sistema de información computacional para el procesamiento de información del proceso de producción y el control de la mancha de la hoja causada por sigatoka negra. El proyecto fue denominado: Manejo químico de sigatoka negra (*Mycospharella fijiensis* var *diformis* Morelet) en plátano curraré (musa aab) en la zona de San Carlos y elaboración de un sistema de información computacional para el manejo técnico de plantaciones de musáceas (Muñoz y Vargas, 2000, 2003).

En este proyecto se probó de un grupo de compuestos químicos, así como algunas combinaciones de estos para establecer un proceso mejorado de combate químico de la enfermedad sigatoka negra (*Mycospharella fijiensis* var *diformis* Morelet).

También se desarrolló una aplicación que permite la automatización del procesamiento de la información técnica de una plantación de musáceas, entendiéndose por esto un sistema de información transaccional. El sistema tiene un componente para el control fitosanitario y otro para el manejo de la fertilización.

La aplicación desarrollada incluye facilidades de almacenamiento y administración de los datos referentes al cultivo del plátano (Muñoz y Vargas, 2000, 2003), al cual se encuentra orientado principalmente, pero fue diseñada y desarrollada con el objetivo de poder extender su aplicación a otros cultivos, principalmente al banano (*Musa AAA*). Es así que incluye hasta la fecha los módulos de: análisis de suelos, que permite hacer recomendaciones con base en los reportes calculados con los datos obtenidos de laboratorio; cálculo del promedio ponderado de infección o PPI, que facilita la toma de decisión con respecto al manejo de la sigatoka negra según los muestreos de la plantación; ingreso de datos de control de malezas, enfermedades, nematodos y plagas e ingreso de datos de muestreos de los anteriores factores, así como del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Por otra parte, contiene además, los módulos de almacenamiento de datos referentes a usuarios, propietarios y al lugar de cultivo, permitiendo organizar las plantaciones en fincas y parcelas con los respectivos datos de área, cultivar, ubicación, etc.

Dentro de los logros del proyecto, se han definido dos técnicas asistidas de vigilancia y medición, con diferente nivel

de uso de la tecnología computacional. La primera, siempre dentro del procesamiento tradicional de datos transaccionales, es el uso de dispositivos PDA (Personal Digital Assistant). Con estos dispositivos se logra que los muestreos de sigatoka, (GAUHL, 1990), se puedan hacer con ayuda de tecnología computacional, de manera que se agilice la toma de datos que hace un hombre en el campo, así como la transferencia de estos al servidor de base de datos del sistema SiMu. Con esta asistencia se logra reducir el tiempo que hay entre la toma de los datos y el procesamiento de estos, que en algunas empresas toma hasta 30 días, a menos de un minuto, si se consultan los resultados del muestreo de sigatoka en el mismo PDA.

Por otra parte, en el trabajo de Stoorvogel, et al (2001), se persiguió también medir la incidencia de la sigatoka negra, en este caso, especialmente en plantaciones de banano. Se pretendió crear una tecnología que permitiera hacer la medición y vigilancia de la enfermedad por medio de imágenes digitales, aprovechando que en la mayoría de las fincas de banano se utilizan aviones para aplicar pesticidas. Así, para este caso, se planteó usar este servicio para tomar fotografías de las plantaciones, aunque también se trató de hacer con imágenes satelitales, pero con estas se fracasó porque los niveles de nubosidad hacían que las imágenes fueran inútiles. Por su parte, para lograr una medición del nivel de infección de la sigatoka, se consideró usar la densidad del área foliar, así se prescindió de técnicas más comunes como la de Stover (1971), considerándose que si una plantación tiene un área foliar menor de lo esperado es porque tiene una alta infección. Este desarrollo se incorporó a un software denominado AeroBanMan, cuyo objetivo es el controlar el proceso productivo de las diferentes plantaciones (cables, tal y como se usa en la jerga de este cultivo).

La estrategia del trabajo de Stoorvogel et al., (2001), sin embargo, solo considera la condición de fincas en las que se aplica pesticidas por medio de aeronaves y por eso esta no está al alcance de los pequeños y medianos productores de banano y sobre todo de plátano, producto que está dirigido principalmente al consumo nacional. Para lograr aplicar tecnologías análogas a este otro segmento de productores, se debe variar la estrategia, de manera que las imágenes no tengan que ser tomadas desde el aire; trabajo que está pendiente por el momento.

Conclusiones

1. La naturaleza no es estática, las especies y las condiciones ambientales han variado en el tiempo. Solo la complejidad ambiental ha estado presente a través de las eras, por lo tanto la gobernabilidad benéfica del ambiente debe tener como derrotero a esta.
2. Considerar al ambiente como un proyecto continuo permite que el mismo se pueda ver como una potencialidad y no una restricción.
3. La capacidad proyectual de todos los individuos debe ser desarrollada para que participen como autores sociales y no solo sean expectadores.
4. Las aplicaciones de la Agromática y la Agrónica deben favorecer la gobernabilidad benéfica del ambiente. Así pueden existir muchas aplicaciones dentro de las que se podrían destacar la utilización de la tecnología de la información con el propósito de facilitar el análisis de los datos de campo con el objeto de disminuir la aplicación de agroquímicos.
5. Las técnicas y procedimientos del Procesamiento Digital de Imágenes y la Visión por Computador podría ser usadas para automatizar en algún

grado la medición y vigilancia de la sigatoka negra tanto en plantaciones de carácter industrial como en las de los pequeños productores.

Bibliografía

- Diéguez, A. J., 2005. *Cientificismo y Modernidad: Una discusión sobre el lugar de la Ciencia en Filosofía y Desarrollo de la Ciencia I: Encarar la Ciencia Filosóficamente*. Editor Huffman. D., Mexico. pp. 153-184
- Gauhl, Friedhelm, 1990. *Epidemiología y Ecología de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis, Morelet) en Plátano (Musa sp)*. en *Costa Rica*, UPEB, Panamá
- Kuhn, T. 2004. *La estructura de las revoluciones científicas*. Traduc. Agustín Contin. 8.º reimpresión. México. Editorial Fondo para la cultura económica.
- Muñoz, C. y Vargas, E. 2000. *Anteproyecto: Manejo químico de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis var diformis Morelet) en plátano curraré (Musa AAB) en la zona de San Carlos y elaboración de un sistema de información computacional para el manejo técnico de plantaciones de musáceas*. Cartago. Costa Rica. VIE. ITCR. 26 p.
- _____. 2003. Informe F: *Manejo químico de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis var diformis Morelet) en plátano curraré (Musa AAB) en la zona de San Carlos y elaboración de un sistema de información computacional para el manejo técnico de plantaciones de musáceas*. Cartago. Costa Rica. VIE. ITCR. 1 v.
- _____. 2003. Informe F: *Manejo químico de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis var diformis Morelet) en plátano curraré (Musa AAB) en la zona de San Carlos y elaboración de un sistema de información computacional para el manejo técnico de plantaciones de musáceas*. Cartago. Costa Rica. VIE. ITCR. 2 v.
- Pesci, R. 1999. *Del Titanic al velero: el aprendizaje de la complejidad ambiental*. FLACAM (Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales), Argentina pp. 11-20 en www.uic.es/.../master-barcelona-fotos/cities-urbanism-development/1-del-titanic-al-velero.pdf (visitada el 1 de marzo de 2007).
- Stoorvogel, J.J., Verhoeven, R., van Leeuwen, H., Orlich, R. 2001. *AeroBanMan: the aerial detection of plant distributions and fungus infection for precision banana management*. Final Report BCRS project 3.2/IM-03, Laboratory of Soil Science and Geology, Wageningen UR.
- Stover, R.H., 1971. "A proposed international scale for estimating intensity of Banana Leaf Spot (*Mycosphaerella musicola* Leach)". *Trop. Agric. Trinidad*, 48:185-196
- Vargas, E; Muñoz, C; Méndez, A; Gamboa, V; Víquez, L. 2004. *Anteproyecto: Monitoreo asistido de Plantaciones Agrícolas: Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis var diformis Morelet) en plátano*. Cartago. Costa Rica. VIE. ITCR