

# Análisis de los sistemas de captura y procesamiento de información para la toma de decisiones en el manejo de los insectos defoliadores de la palma de aceite en Colombia

## Analysis of the Information Capture and Processing Systems for Decision-making in the Management of Leaf-eating Insects on Palm Oil Plantations in Colombia



### AUTORES

#### Leonardo Araque Torres

Ingeniero electrónico, candidato a M.Sc. Geomática. Asistente de investigación. División de Agronomía. Programa de Agricultura de Precisión.

#### Diana Carolina Forero

Ingeniera agrónoma. Asistente de investigación. División de Agronomía. Programa de Agricultura de Precisión.

### Palabras CLAVE

Sistema soporte para la toma de decisiones (SSD), Asistente personal digital (PDA), Defoliadores, agricultura de precisión, Factores de análisis de decisión, Modelo de flujo de información y Manejo integrado de plagas.

System Support for Decision Making (SSD), Personal Digital Assistant (PDA), Defoliators, Precision Agriculture, Decision Factors, Analysis Model of Information Flow.

Recibido: 3 marzo 2009

Aceptado: 6 mayo 2009

### Resumen

Las plagas defoliadoras de la palma de aceite impactan negativamente la competitividad del sector, debido a que ocasionan disminuciones en la producción, aumento en el uso de insumos y, por consiguiente, incremento en los costos. Para controlarlas, es necesario cuantificar sus densidades poblacionales. Cenipalma orientó la realización del presente trabajo al montaje de un modelo de captura periódica, procesamiento y análisis de información, basado en criterios de agricultura de precisión, para el monitoreo y manejo de la sanidad vegetal de una plantación de palma de aceite. La metodología partió de un cuestionario dirigido a los distintos involucrados en un programa de sanidad, en siete plantaciones de las cuatro zonas palmeras de Colombia. Involucró 21 “factores de análisis de decisión”, los cuales permitieron identificar tácticas, estrategias y actividades para tratar los problemas fitosanitarios. Durante la construcción del modelo se identificó que las fases de adquisición y procesamiento de la información son susceptibles a presentar inconsistencias, debido a manipulación humana, flexibilidad de los formatos utilizados para el registro y tratamiento de la información proveniente de los muestreos. Basados en este modelo y considerando su problemática asociada, se diseñó una propuesta genérica de adquisición de datos en el campo mediante equipos móviles denominados PDA (asistente personal digital, por su sigla en inglés), con el fin de disminuir los errores en la captura y la manipulación de los datos, establecer estándares para la trazabilidad de la calidad, y reducir el tiempo y los costos del proceso de transferencia de información.

## Summary

Defoliator insects in oil palm are a decisive factor in the competitiveness of the sector, due to the fact that they exert a high pressure on the production and the use of inputs. For the management of pests is necessary to quantify the population density of individuals, since these data are defined on the responses of control including different management alternatives. Therefore, to standardize the quality of operational processes will validate technologies at the regional level to reduce costs to the plantations. This work emphasizes the pattern of regular activities to capture, processing and analysis, under the criteria of precision agriculture in the management of an oil palm plant health program. The methodology by conducting a questionnaire to the different profiles involved in a health program, located in seven plantations spread over the four palms zones. The survey process involves twenty-one "factors of decision analysis," which can identify the choice of tactics, strategies and operations associated with management of plant health problems. In the construction of model that identifies stages of acquisition and processing, are more susceptible to inconsistencies due to the greater human manipulation, and the flexibility of the formats used for recording and processing of records from the samples. Based on this model and its associated problems, was designed a generic data acquisition in the field through mobile PDA to improve the quality of its processes to: a) reduce the errors due to manipulation of digital data, b) establish standards for the traceability of quality, c) reduce time and costs associated with the process of transferring information.



## Introducción

El manejo integrado de plagas (MIP) es susceptible de ser realizado como un sistema de soporte a decisiones<sup>1</sup> (SSD) con el fin de seleccionar y usar las mejores tácticas para el control de los insectos plaga, que a su vez estén coordinadas con las estrategias de manejo de la producción de cultivos (Kogan, 1998), lo que actualmente resulta muy útil para el caso del cultivo de palma de aceite.

Los componentes de un SSD son: el ambiente del cultivo, los datos de muestreo, la información proveniente del análisis y la decisión (Yulu *et al.*, 2007; Fountas *et al.*, 2006). Su funcionamiento se basa en la obtención de los datos necesarios y confiables, que soporten una decisión para el manejo de un determinado problema sanitario.

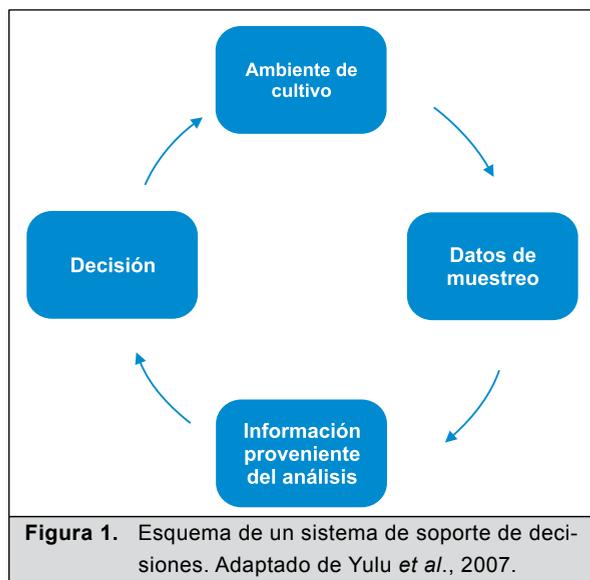
El proceso para la conformación de un SSD comienza con la recolección de datos en el ambiente del cultivo, basado principalmente en dos actividades: la primera está dada por el conocimiento detallado de la biología y el comportamiento del insecto plaga y, la segunda, por su seguimiento constante mediante el diseño de

sistemas de muestreo eficientes, que permitan tener un estimativo de las densidades de población de estas especies, tanto en el espacio como en el tiempo. Los datos obtenidos del muestreo son cruciales para tomar decisiones acerca del manejo de plagas (Hughes, 1998).

La importancia de los datos de muestreo radica en que constituyen la información primaria que debe ser utilizada para determinar el nivel de amenaza de un insecto plaga en un momento dado, de manera que se mejore el tiempo de respuesta y se identifique el tipo de práctica más indicada para la protección del cultivo. En la fase de análisis de datos se determina si los resultados del muestreo ameritan que se ejecute una medida de intervención, definida en el momento de la toma de la decisión (Figura 1).

Los principales defoliadores de la palma de aceite son: *Stenoma cecropia* Meyrick, *Euprosterina elaeasa* Dyar y *Opsiphanes cassina* Folder, que causan la pérdida de área foliar; está además la Pestalotiopsis, inducida por *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Calvache, 2004). Estos defoliadores son manejados de manera

1. SSD (Sistema de Soporte de decisiones): Es una metodología y herramienta de trabajo que busca organizar e integrar todo tipo de información requerida para apoyar las decisiones en un sistema productivo. (Petersen et al, 1993).



diferente dependiendo del nivel de daño y de la densidad poblacional de los individuos. Para ello se han establecido metodologías de censo de poblaciones y se han definido niveles de intervención según el estado de la plaga. Sin embargo, para hacer un manejo eficaz de las poblaciones es necesario contar con información de buena calidad, obtenida en tiempo real. La oportunidad de la decisión es importante porque el estado de desarrollo de los insectos cambia rápidamente bajo condiciones de campo.

En este trabajo se presenta una propuesta de recolección y manejo de la información de poblaciones de insectos defoliadores utilizando el dispositivo “asistente personal digital” o PDA (por su sigla en inglés), que usa una aplicación para aparatos móviles denominada “CeniSpace\_Móvil”. Estos elementos permiten hacer más eficiente, rápida y confiable la información, apoyar su sistematización en las plantaciones y fortalecer el sistema de soporte a decisiones.

## Metodología

Para identificar el proceso de toma de decisiones se realizaron encuestas estructuradas a las distintas personas encargadas de los programas de sanidad vegetal de siete plantaciones de las cuatro zonas palmeras de Colombia, con el fin de obtener información específica del manejo de insectos plaga defoliadores. La base para estructurar las preguntas fue la metodología presentada por Fountas *et al.* (2006) para la generación de un modelo de toma de decisiones y flujos de

información intensiva para la agricultura de precisión. En ella se formulan preguntas fundamentadas en las teorías de sistemas de gestión de información y sistemas de información, las cuales buscan responder interrogantes del tipo: *qué, cuándo, quién, dónde, por qué y cuánto.*

Las preguntas de la encuesta se transformaron en oraciones cortas llamadas “factores de análisis de decisión”, que describen los componentes de la información y sus interrelaciones en el proceso de toma de decisiones (Tabla 1).

A partir de esta información se construyó un modelo de flujo de datos (Stevens *et al.*, 1974) que consiste en un conjunto de diagramas de flujo integrados, y su propósito es visualizar los vínculos entre los distintos factores, desde la recopilación de datos y su transformación, hasta la decisión. El diagrama consta de cuatro elementos descritos en la Tabla 2.

El diagrama está basado en la metodología de diseño y análisis de sistemas estructurados (SSADM, por su sigla en inglés), que se utiliza principalmente en el análisis y diseño de las etapas de desarrollo de un sistema de información.

La información consolidada para el total de plantaciones encuestadas permitió comparar sus prácticas en términos de inconvenientes o debilidades, además de sus puntos en común en el procesamiento de registros de campo.

Los resultados de la comparación documentan los requerimientos funcionales y casos de uso para ser programados en la propuesta de adquisición de datos con los equipos móviles.

## Resultados y discusión

### Estructura organizacional de los grupos de sanidad

Se identificó que un grupo de sanidad promedio tiene los siguientes cargos: evaluador(es), supervisor(es), digitador(es) y líder (o un comité agronómico).

Los evaluadores de sanidad se encargan de ejecutar los censos de poblaciones de insectos. En general cuentan con los conocimientos necesarios para ubicarse dentro de la plantación, aplican la metodología usada en cada uno de los muestreos, identifican los

Tabla 1. Factores de análisis de decisión*	
Factor de análisis	Explicación y detalle
Costo de la información.	La cantidad de dinero necesario para adquirir la información.
Descripción del proceso de información.	Las vías necesarias para que la información esté disponible (¿qué pasa?). Describe el proceso mediante el cual se establece la metodología para la adquisición, supervisión y consulta de los datos de campo de acuerdo con el perfil de los integrantes del grupo de sanidad.
Herramientas necesarias para la consulta de la información.	Los medios para consultar la información (¿cómo ocurre?).
Disponibilidad de recursos que pueden afectar la toma de decisiones.	Lista de recursos cuya disponibilidad es importante para tomar la decisión.
Supuestos críticos.	Temas importantes que pueden influenciar la decisión total.
Contexto de la decisión.	Descripción de la situación alrededor de la decisión.
Administración estratégica.	Filosofía de la gestión que se refleja en valores del manejo.
Nombre de la decisión.	Una simple pregunta que define la decisión.
Nivel de decisión.	Tipo de decisión (estratégica, táctica u operacional).
Resultado de la decisión.	Resultados visibles de tomar la decisión.
Tomador de la decisión.	Responsable de la toma de decisiones.
Participantes.	Personal de apoyo para la toma de decisiones.
Personas influyentes.	Personas que tienen el poder o la experiencia para influenciar la toma de decisiones.
Frecuencia de la decisión.	El número de veces que se debe tomar la decisión.
Época de la decisión.	Tiempo en el año cuando se toma la decisión.
Señales de inicio.	Es el evento que indica el inicio del proceso después del proceso de toma de decisiones.
Decisiones previas.	Qué pudo haber pasado antes de que se tomara la decisión.
Información necesaria para ayudar en la toma de decisión.	Información o ítems que afectan el proceso de toma de decisiones.
Información extra.	Información que le gustaría tener al tomador de decisiones en el futuro para este proceso.
Fuente de datos o información.	Procedencia de la fuente de información necesaria para la toma de decisiones.
Localización física.	Localización del sitio de almacenamiento de la información.

\*Adaptado de Fountas *et al.*, 2006.

distintos tipos de insectos plaga defoliadora y cuentan con elementos para reportar síntomas de enfermedad en las palmas de aceite.

El grupo de evaluadores es dirigido por un supervisor, quien se encarga de asegurar que el proceso de evaluación sea realizado con calidad y oportunidad.

Los datos recogidos en el campo pasan a un digitador, cuya función es asegurar su almacenamiento y dispo-

sición. El procesamiento de los datos y la generación de información secundaria es responsabilidad del supervisor, en algunos casos apoyado por el digitador.

Por último, la información es evaluada por el líder de sanidad o un comité agronómico, cuya función es tomar decisiones para definir las acciones de intervención sobre los problemas sanitarios, teniendo en cuenta los recursos disponibles tanto técnicos como financieros (Figura 2).



Tabla 2. Factores de análisis de decisión*		
Elemento	Descripción	Símbolo
Proceso	Actividades que transforman los datos de una forma a otra; esto quiere decir que recibe datos, los transforma y genera un resultado.	
Entidad externa	Fuente de datos externa usada en el modelo.	
Almacenamiento de datos	Sitio donde los datos se guardan temporal o definitivamente.	
Flujo de datos	Rutas mediante las cuales los datos circulan.	

\*Adaptado de Fountas *et al.*, 2006.

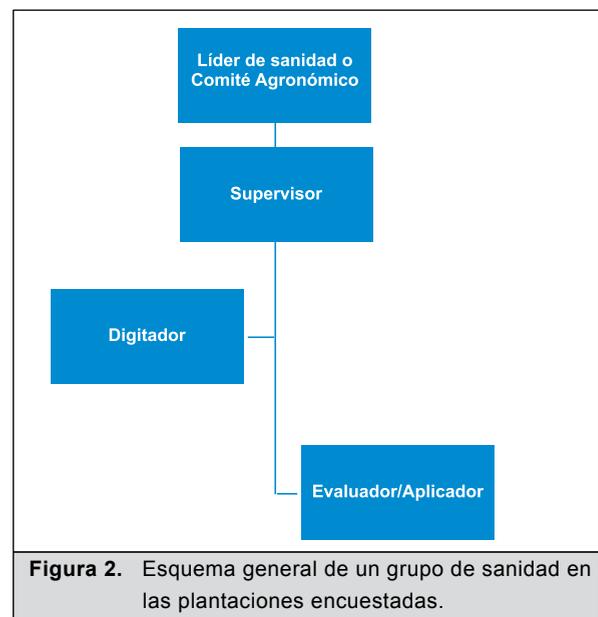
### Diagnóstico de las actividades relacionadas en la adquisición de datos

Los resultados muestran que en el proceso de toma de decisiones los evaluadores cumplen principalmente procesos del nivel operacional, lo que responde a la pregunta: *¿Cuál es el estado actual de las poblaciones de insectos plaga?* (Figura 4).

El líder y el supervisor acompañan los procesos operativos de los evaluadores, y a su vez plantean tácticas como: emplear el menor tiempo posible (en un lapso fijo), el menor costo posible, el mínimo de información necesaria o establecer un estándar de calidad. Para el caso de la encuesta realizada, la táctica responde a la pregunta: *¿Aplico una medida de intervención en el nivel de lote o en áreas de la plantación de acuerdo con los umbrales de acción?* (Figura 5).

Según los supuestos críticos de seguimiento de registros históricos, disponibilidad de recursos y experiencia del líder, éste define una estrategia para seguir (Tabla 3).

Para el caso de la pregunta estratégica realizada a las plantaciones encuestadas *¿Aplico una medida de intervención de insectos defoliadores o sigo monitoreando?* se presentan los datos consolidados en la Tabla 4.



### Desarrollo del modelo de diagrama de flujo

La Figura 3 presenta el modelo de flujo de información genérico para toma de información adaptado de Fountas *et al.* (2006). El diagrama está dividido en tres secciones: la primera relacionada con la adquisición de datos en el campo por parte del evaluador, seguida por el procesamiento de los datos y la conversión a información útil que alimente un sistema de soporte

**Tabla 3.** Estrategias empleadas por un programa de sanidad

Nombre	Descripción
Estrategia 1	Se mantiene el monitoreo por detección censo y se aplica una medida de lectura e intervención en el lote, respecto al sobrepaso de un umbral de acción según el promedio de la población de insectos y un área de incidencia del 40% de la plantación.
Estrategia 2	Se mantiene un monitoreo periódico, realizando lecturas sobre muestras fijas y medidas de intervención en el lote, respecto al sobrepaso de un umbral de acción según el promedio de la población de insectos y un área de incidencia del 40% de la plantación.
Estrategia 3	Se mantiene el monitoreo por red de muestreo periódicamente, realizando medidas de lectura e intervención sobre áreas puntuales en las palmas, respecto a niveles máximos de las poblaciones y niveles de desarrollo del insecto sobre un área de incidencia del 30% dentro del lote.

de información, en cuyo caso intervienen el digitador y el supervisor de sanidad. Por último se encuentra representado el proceso de toma de decisión realizado por el líder de sanidad.

A partir de la información tabulada para las distintas plantaciones encuestadas, se consolidaron las tablas para los diferentes tipos de decisión: operativas, estratégicas y tácticas que se toman dentro de un grupo de sanidad vegetal. Para ello se relacionaron los procesos y los factores de decisión en un modelo de flujo de datos según la metodología propuesta por Fountas *et al.* (2006) para la generación de un modelo de toma de decisiones y flujos de información intensiva en agricultura de precisión (figuras 4, 5 y 6).

La estructura del modelo contiene los factores que incluyen: el contexto y la estrategia de manejo, el desencadenamiento de una decisión por factores externos, la disponibilidad de recursos y los supuestos críticos.

La estrategia de manejo es la filosofía que tiene el tomador de decisiones y refleja el valor de su administración, como es el caso de la aplicación de una táctica.

Los demás componentes del modelo muestran de dónde se derivan los datos, la información y los procesos a ellos asociados. Las fuentes de donde se derivan pueden ser asesores, fuentes externas como capacitaciones, resultados publicados o datos con tendencias históricas.

El proceso detallado de toma de datos en el campo es un procedimiento realizado por un evaluador de plagas por medio de instrumentos que van desde las planillas con los formatos de papel, hasta sistemas digitales –como una hoja de cálculo– para recoger

las bases de datos históricas. Iguales herramientas se utilizan para transferir los datos.

El procesamiento consolida los datos del campo, los cuales son empleados como fuente de información para el sistema de soporte a decisiones. La información generada son promedios por lote respecto al número de individuos de insectos plaga cuantificados e identificados por los estados de desarrollo de cada especie.

El sistema de soporte de información es un algoritmo computacional que provee la información manejada directamente por el tomador de la decisión que, para el caso de insectos plaga defoliadores, está relacionado con la comparación de los promedios por lote con los niveles críticos empleados por la plantación. Estos niveles pueden ser representados por mapas temáticos que califican el nivel de presencia en un lote.

Esta información le da una percepción del estado sanitario actual de la plantación al líder de sanidad o al personal relacionado. El líder de sanidad a su vez incorpora a la decisión final su experiencia personal, la disponibilidad de recursos y los supuestos críticos que tienen que ver con la calidad de la información y las condiciones bajo las cuales se aplicarán las medidas de intervención.

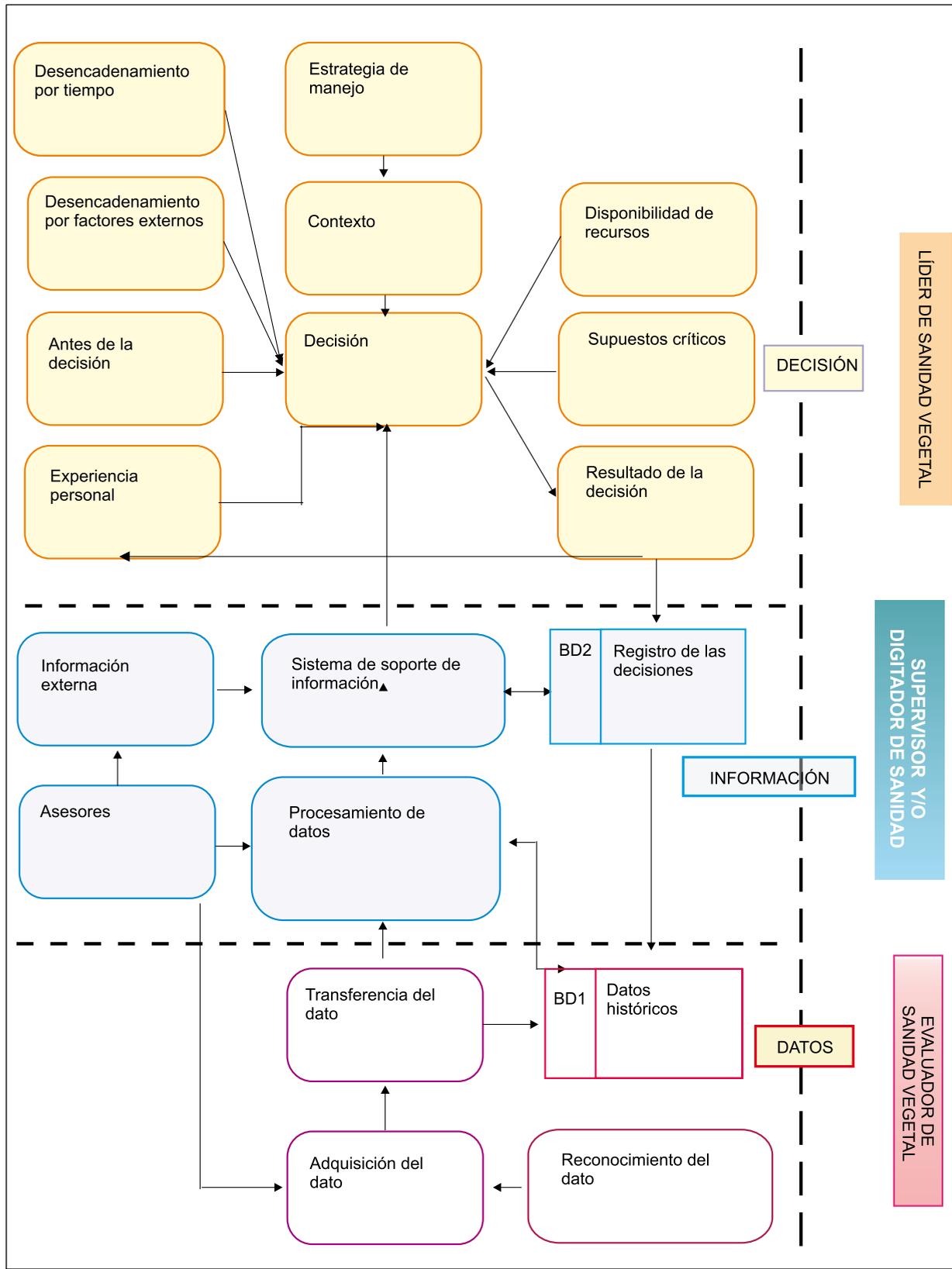
### Identificación de factores críticos

*Adquisición de datos.* Los resultados asociados a este factor muestran que el 86% de las plantaciones emplea formularios diligenciados con lápiz y papel, lo cual implica establecer un cambio en el nivel operativo, con la capacitación de los evaluadores en el empleo de equipos PDA. Esta situación es la que justifica en mayor medida el desarrollo de la propuesta denominada CeniSpace Móvil, que busca un mayor impacto

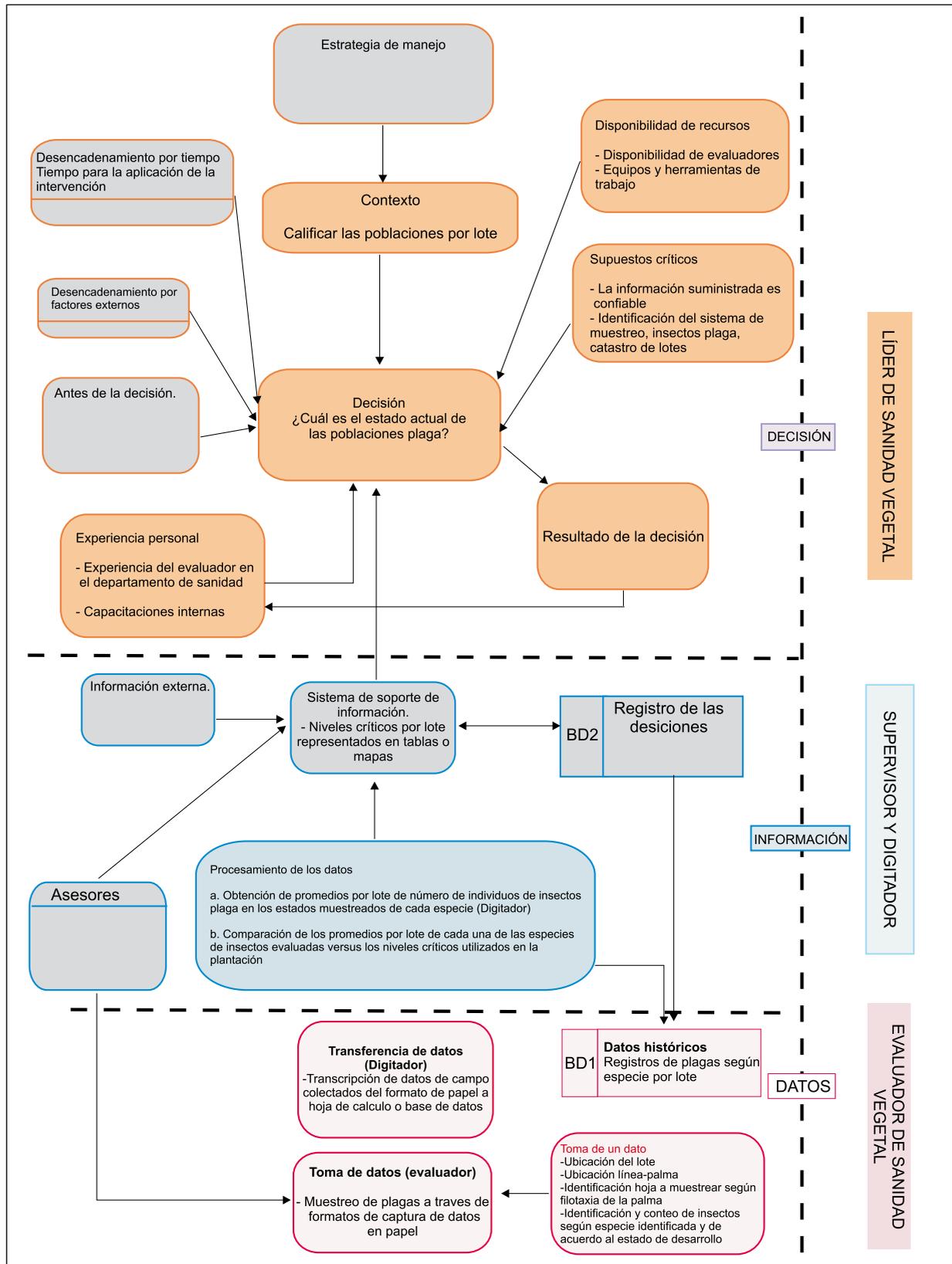


**Tabla 4.** Factores de análisis de decisiones, explicación y detalles. Decisión de tipo estratégica: ¿Aplico una medida de intervención de insectos defoliadores o sigo monitoreando?

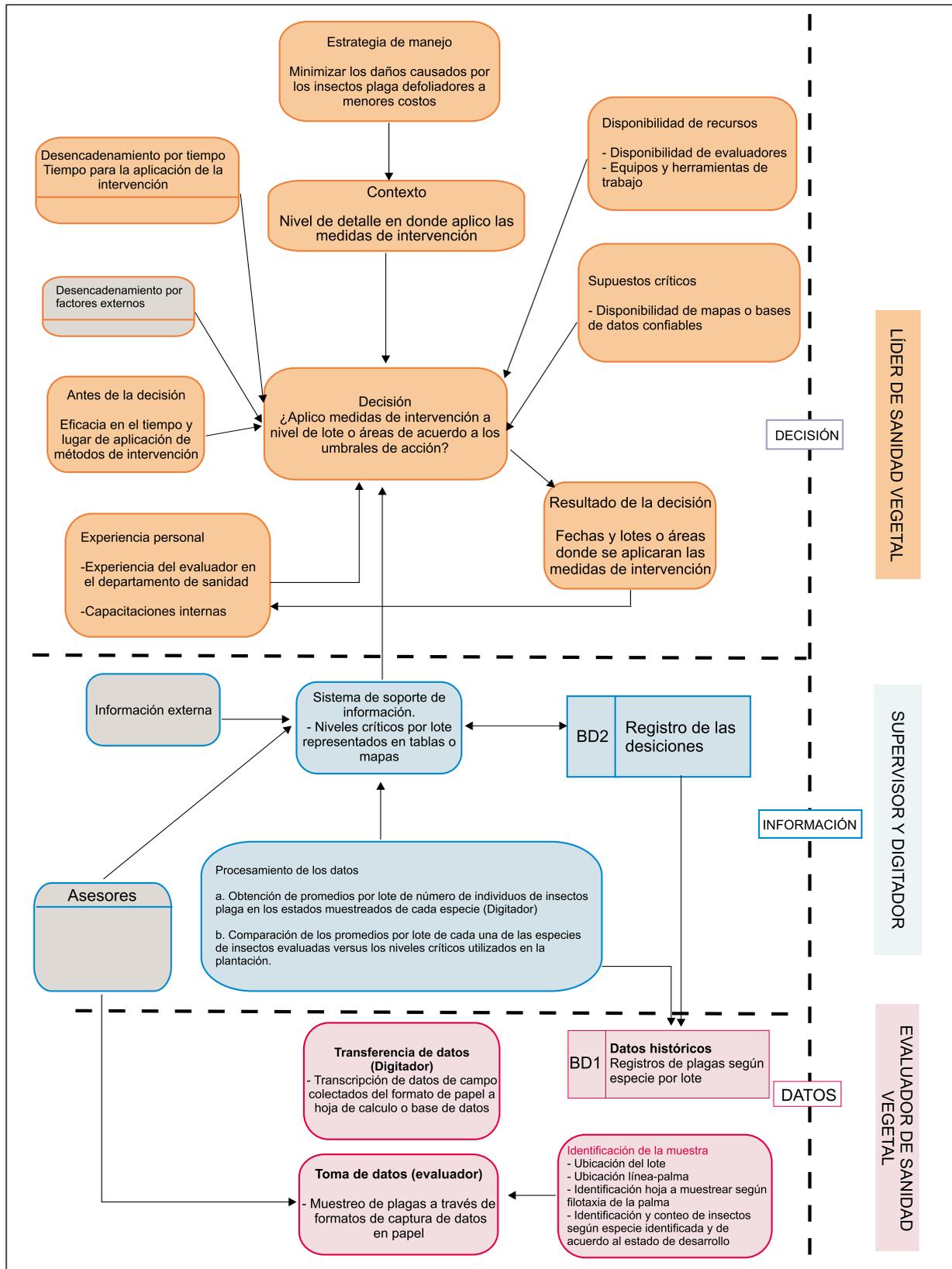
Factor de análisis	Explicación y detalle	¿Aplico una medida de intervención de insectos defoliadores o sigo monitoreando?
1. Supuestos críticos.	Temas importantes que pueden influenciar la decisión total	La información suministrada es confiable. ¿Las condiciones ambientales constituyen un factor crítico para el análisis y para las medidas de intervención? ¿Hay respuesta positiva en la aplicación de las medidas de intervención?
2. Contexto de la decisión.	Descripción de la situación alrededor de la decisión.	Momento de la intervención de un insecto plaga defoliador.
3. Administración estratégica.	Filosofía de la gestión que se reflejan en valores del manejo	Minimizar daños causados por los insectos defoliadores a un menor costo
4. Nombre de la decisión.	Una simple pregunta que define la decisión.	¿Qué información utiliza para tomar la decisión de intervenir insectos defoliadores?
5. Nivel de decisión.	Tipo de decisión (estratégica, táctica, operacional).	Estratégica.
6. Resultado de la decisión.	Resultados visibles de tomar la decisión.	Lotes e insectos plaga priorizados para intervenir. Estrategia de intervención del insecto defoliador.
7. Tomador de la decisión.	Responsable de la toma de decisiones.	Jefe de sanidad o comité agronómico.
8. Participantes.	Personal de apoyo para la toma de decisiones.	Supervisor de sanidad.
9. Personas influyentes.	Personas que tienen el poder o la experiencia para influenciar la toma de decisiones.	Director agronómico Gerente de la plantación Asesor externo
10. Frecuencia de la decisión.	El número de veces que se debe tomar la decisión.	Quincenal.
11. Costo de la información.	La cantidad de dinero necesario para adquirir la información.	
12. Descripción del proceso de información.	Las vías necesarias para que la información esté disponible (¿qué pasa?) Describe el proceso mediante el cual se establece la metodología para la adquisición, supervisión y consulta de los datos de campo de acuerdo con el perfil de los integrantes del grupo de sanidad.	Análisis de la información por parte del líder de sanidad de acuerdo con los reportes del supervisor o los formatos de los evaluadores y de acuerdo con los umbrales críticos establecidos por la plantación o la experiencia del jefe de sanidad. Análisis a partir de la visualización de los mapas de estadísticas por lote y su relación con los niveles críticos establecidos para cada insecto defoliador.
13. Herramientas necesarias para la consulta de la información.	Los medios para consultar la información (¿cómo ocurre?)	Formatos en papel Computador Herramientas de SIG
14. Disponibilidad de recursos que pueden afectar la toma de decisiones	Lista de recursos cuya disponibilidad es importante para llevar a cabo la decisión	Presupuesto Personal Insumos y suministros
15. Época de la decisión.	Tiempo en el año cuando se toma la decisión.	Diaria.
16. Señales de inicio.	Es el evento que indica el inicio del proceso después del proceso de toma de decisiones.	Fecha del anterior muestreo.
17. Decisiones previas.	Qué pudo haber pasado antes de que se tomara la decisión.	Eficacia de las estrategias de manejo aplicadas en las anteriores intervenciones. Comportamiento de los niveles poblacionales de las plagas.
18. Información necesaria para ayudar en la toma de decisión.	Información o ítems que afectan el proceso de toma de decisiones.	Documentación del sistema de gestión de calidad. Niveles críticos establecidos por la plantación por edad y tipo de material. Consulta de información proveniente de investigación nacional o internacional.
19. Información extra.	Información que le gustaría tener al tomador de decisiones en el futuro para este proceso.	Mapas digitales para realizar análisis a partir de esta información.
20. Fuente de datos o información.	Procedencia de la fuente de información necesaria para la toma de decisiones.	<b>Datos</b> Hojas de cálculo con datos procesados. Formularios en papel provenientes de los evaluadores. <b>Información</b> Experiencia personal. Asesoría externa (investigadores).
21. Localización física.	Localización del sitio de almacenamiento de la información.	Hojas de cálculo. Base de datos. Formularios de papel de los evaluadores.



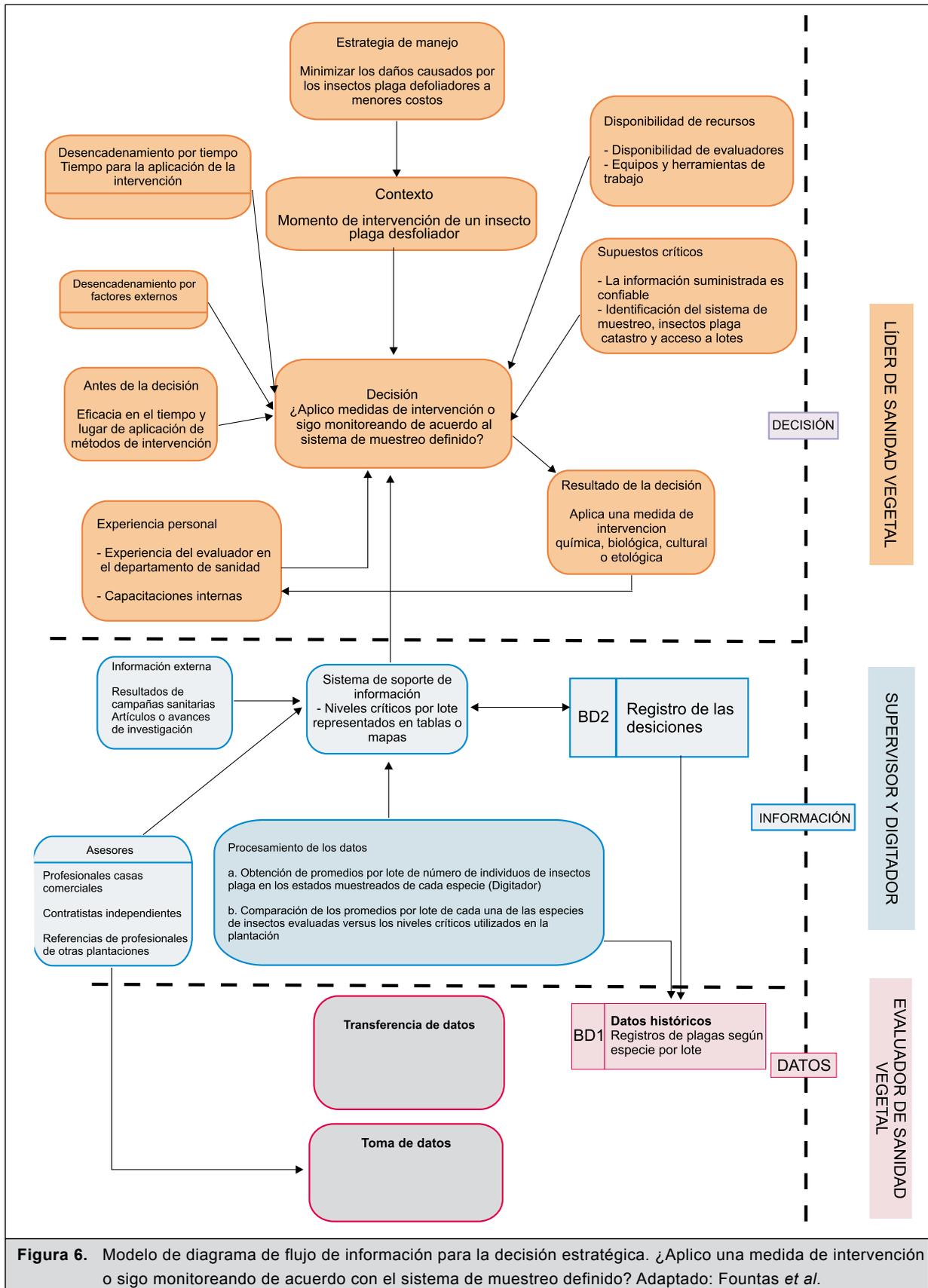
**Figura 3.** Modelo de diagrama de flujo de información genérico para la toma de decisiones en el manejo de insectos defoliadores. Adaptado: Fountas *et al.*



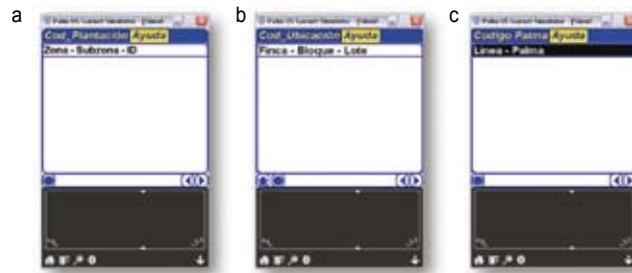
**Figura 4.** Modelo de diagrama de flujo de información para la decisión operativa. ¿Cuál es el estado actual de las poblaciones de insectos plaga? Adaptado: Fountas *et al.*



**Figura 5.** Modelo de diagrama de flujo de información para la decisión táctica ¿Aplico una medida de intervención en el lote o en áreas de la plantación de acuerdo con los umbrales de acción? Adaptado: Fountas *et al.*



**Figura 6.** Modelo de diagrama de flujo de información para la decisión estratégica. ¿Aplico una medida de intervención o sigo monitoreando de acuerdo con el sistema de muestreo definido? Adaptado: Fountas *et al.*



**Figura 7.** a) Parámetros para codificar una plantación, b) Parámetros para codificar una unidad de área productiva c) Identificación de la línea-palma.

por adopción de tecnología permitiendo el registro estandarizado por cada tipo de plaga clasificada en el nivel regional.

*Datos históricos.* Este factor tiene que ver con el nivel tecnológico empleado por las plantaciones y la implementación de una base de datos. Esto implica la conformidad de un modelo de objetos relacionado y documentado que permita el seguimiento de su actividad en el tiempo.

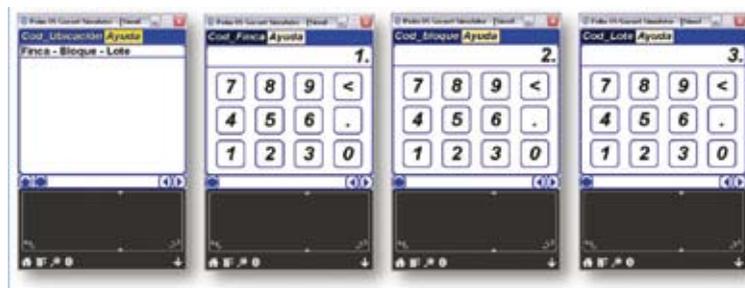
La propuesta desarrollada CeniSpace Móvil, ofrece un sistema de seguimiento por tipos de reporte soportados en tablas; éstas pueden ser consultadas por intervalos de tiempo y generar formatos de exportación que alimenten los sistemas de gestión de información propios por plantación, o dar soporte a quienes no cuentan con un sistema de gestión de registros.

*Reconocimiento de los datos.* Este factor se refiere a los sistemas de codificación de las distintas unidades productivas dentro de las plantaciones, a partir de los cuales se realiza el seguimiento histórico de los resultados obtenidos en el muestreo de plagas.

Como problemática se identifica el empleo de cuatro elementos para la codificación de las unidades productivas a escala, esto es, de una escala general a una particular: fincas o zonas, bloques y lote, y complementado con el año de siembra. La asignación de valores a estos tres elementos en su mayoría responde a caracteres alfanuméricos, sin una metodología estandarizada para su definición que permita consolidar un manejo regional.

En este sentido, la propuesta desarrollada en los formularios del software en los equipos PDA plantea la asignación numérica a los siguientes tres parámetros (Figura 8):

- Finca: Código para diferentes haciendas, fincas o grandes unidades de producción que se identifican con los límites de la plantación. Si la plantación solo cuenta con una finca, el valor por registrar es 1.
- Bloques: Número consecutivo asignado a las unidades productivas dentro de la plantación que organizan grupos de lotes. Se debe asignar un consecutivo numérico que codifique los bloques previamente identificados alfabéticamente o alfanuméricamente.



**Figura 8.** Secuencia para el registro de la ubicación: finca, bloque, lote.



- **Lotes:** Número consecutivo asignado al(los) lote(s) o parcela(s), que se encuentran dentro de un bloque. Se debe asignar un consecutivo numérico que codifique los lotes previamente identificados alfabéticamente o alfanuméricamente.

Asociada a la problemática del reconocimiento de los datos está la metodología del sistema de muestreo. Los resultados de la encuesta muestran que la tendencia para el 60% de las plantaciones se enfoca a definir el tamaño de una malla rígida, frente a otros métodos como: detección censo o líneas desde el borde de lote. En este sentido, el formulario dispuesto en el equipo móvil PDA busca identificar el individuo (línea-palma) y el consecutivo del censo para la lectura ejecutada.

En cuanto a las tareas llevadas a cabo por los evaluadores, los resultados muestran una gran variabilidad de los estados de desarrollo por cada insecto defoliador. Para esto la propuesta recoge las observaciones de los perfiles encuestados, permitiendo consolidar una propuesta que caracterice de manera genérica los estados por cada insecto.

*Transferencia del dato.* Los aspectos negativos asociados a este factor se evidencian en el proceso de digitación, lo que implica un riesgo en la calidad de los datos por errores en esa tarea, debido a que el personal encargado no cuenta necesariamente con la formación de supervisor para evaluar los datos registrados. Con el empleo de equipos PDA se evita la captura y la validación manual por un digitador en una oficina. Así, se enfocan los esfuerzos a evaluar los rendimientos en el campo por evaluador y a la calidad de los registros como: el momento de la lectura hora/minuto/segundo, los intervalos entre lecturas y la ubicación de cada lectura registrada.

*Procesamiento de datos.* Los resultados de la encuesta indican que el total de las plantaciones encuestadas procesan los registros en promedios por lote. Esta práctica resume la manera como, independientemente del uso de la tecnología, los registros son procesados a escala de lote para la toma de decisiones.

La propuesta desarrollada con CeniSpace Móvil busca soportar los criterios de decisión a escala de palma de aceite, y los valores de incidencia dentro de un lote. Por tanto, la funcionalidad de consultar registros histó-

ricos se puede complementar con la implementación de sistemas de información geográfica y desarrollar modelos de agricultura de precisión.

## Conclusiones y recomendaciones

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un enfoque sistemático para la protección de los cultivos, que utiliza la información para la mejora de la toma de decisiones a fin de reducir los insumos adquiridos y optimizar las condiciones económicas, sociales, ambientales en las fincas y la sociedad (Allen and Rajotte, 1990).

Norton (1982) menciona cuatro tipos de información que pueden contribuir al mejoramiento de la percepción de un agricultor sobre el ataque de una plaga; estos son:

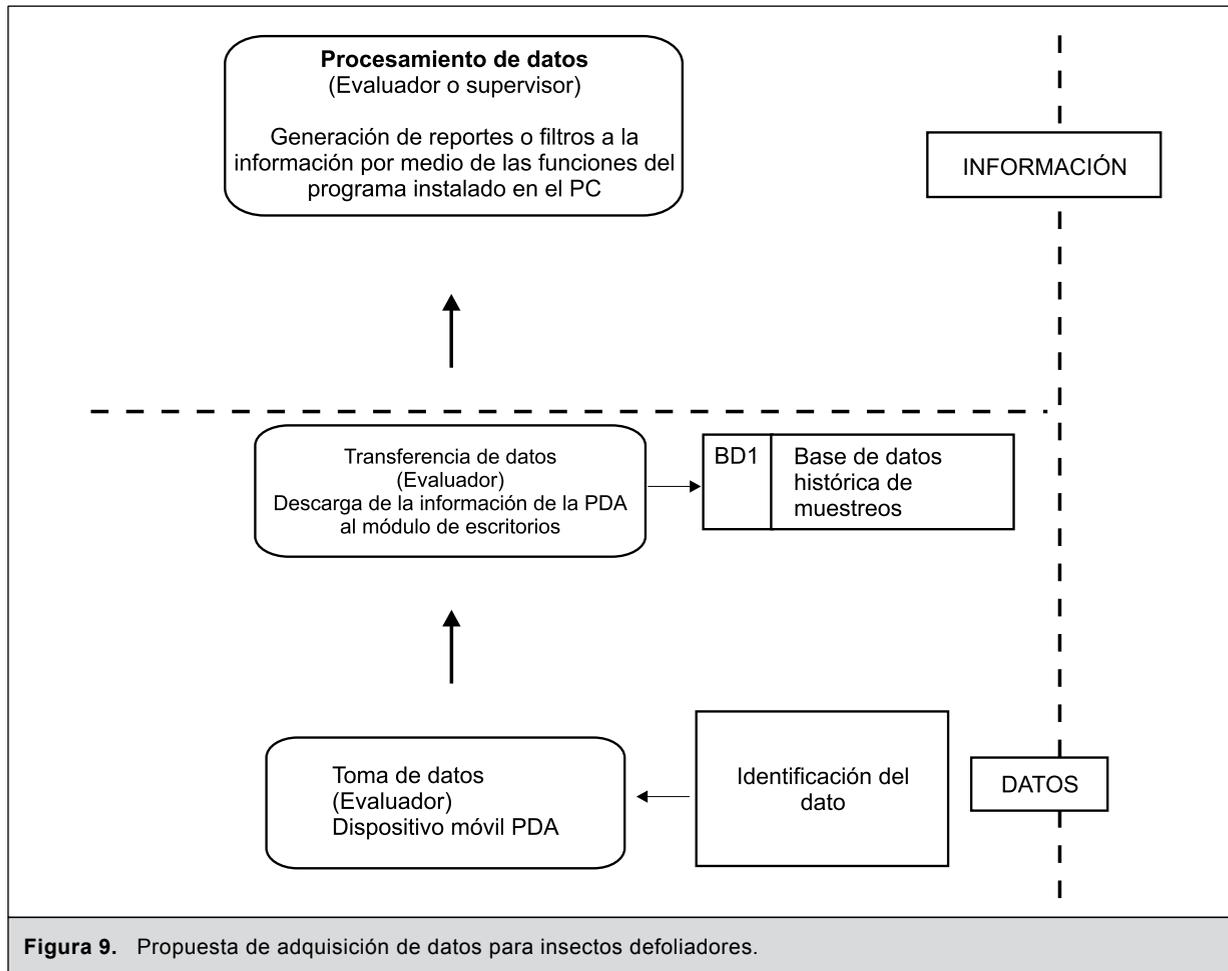
- Información fundamental (detalles sobre la biología de las plagas y de su manejo)
- Información histórica (reportes anteriores de niveles de plagas y su tendencia)
- Información en tiempo real (reportes del estado actual de las plagas allegados por medio de esquemas de muestreo), y
- Pronóstico de la información (predicción de los niveles futuros de un nivel de ataque).

Esta información se obtiene a partir de datos adquiridos en el campo de manera continua, por medio de esquemas de muestreo que generan un alto volumen de datos que demandan recursos de tiempo y financieros, los que están sujetos a incertidumbre.

El proceso para su obtención puede mejorarse mediante el diseño o la utilización de herramientas informáticas, las cuales deben fundamentarse en metodologías que permitan conocer el modelo de toma de decisiones dentro de una organización.

Con base en el análisis del modelo de gestión y administración de los datos en la plantación, se planteó una propuesta, con el fin de:

- Disminuir los errores debidos a la manipulación digital de los datos
- Apoyar los procesos de seguimiento de la calidad de los datos que realizan los supervisores, ya que el sistema cuenta con estadísticas relacionadas con el tiempo y número de muestras tomadas



- Reducir el tiempo y los costos asociados al proceso de transferencia de datos, pues el cargo de digitador puede ser utilizado en otras labores dentro de la plantación, pues este proceso desaparece
- Confiabilidad, debido a que los datos llevados al campo son los mismos que ingresan a la base de datos del programa.

De acuerdo con lo expuesto, el modelo de flujo de datos utilizando los dispositivos móviles (PDA) sería el de la Figura 9.

Aunque la propuesta descrita en este trabajo se enfoca principalmente en la adquisición, transferencia y procesamiento de datos, es importante destacar que es necesario profundizar en la investigación relacionada con el establecimiento de los niveles críticos de cada

especie, para involucrar este conocimiento en el fortalecimiento del sistema de soporte a decisiones.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los gerentes de plantación y líderes de sanidad de las plantaciones Palmas Oleaginosas Bucarelia, Indupalma S.A, Palmas del Cesar S.A., Padornelo S.A, Palmas de Casanare S.A., Unipalma S.A. y Palmeiras S.A., por facilitar el personal y la información necesaria para llevar a cabo la propuesta.

Además, a los estudiantes Camilo Beltrán, Rodrigo Salamanca y Carlos Rojas, que participaron en la realización de las encuestas aplicando la metodología propuesta.

Esta investigación recibió financiación de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero.



## Bibliografía

- Allen, W.A; E.G. Rajotte. 1990. The changing role of extension entomology in the PM era. *Annual Review of Entomology* 35: 379-397.
- Calvache, H. 2004. La identificación y control de focos iniciales en el manejo eficiente de plagas en palma de aceite. *Palmas* (Colombia). 25 (2): 186-193
- Fountas, S; Wulfsohn, D; Blackmore, B.S; Jacobsen, H.L; Pedersen, S.M. 2006. A model of decision making and information flows for information-intensive agriculture. *Agricultural Systems* 87: 192-210.
- García, R; Calvache, H; Hernández, M; Motta, D. 1994. Biología del defoliador de la palma de aceite, *Loxotoma elegans* Zeller (Lepidoptera: stenomidae), en Villanueva (Casanare). *Palmas* (Colombia) 15 (4):9-15.
- Genty, Ph.1978. Morfología y biología de un defoliador de palma africana en América Latina: *Stenoma cecropia* Meyrick. *Oleagineux*. 33(8-9):421-427.
- Hughes, G. 1999. Sampling for Decision Making in crop loss assessment and pest management: Introduction. The American Phytopathological Society, presented at the 90<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Phytopathological Society Joint with the Entomological Society of America. November 11, 1998, Las Vegas, NV.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*. 43:243-270.

# PAUTA MONOMEROS