

# La geomática como herramienta de apoyo en el desarrollo de un modelo espacio temporal para el análisis y seguimiento de la pudrición del cogollo y el *Rhynchophorus Palmarum*: caso Tumaco (Nariño), Colombia

## Geomatics as a support tool in the development of a spatiotemporal model for monitoring and analysis of bud rot and *Rhynchophorus Palmarum*: Tumaco (Nariño, Colombia) case study

### AUTORES



**Rafael E. Hurtado C., PhD.**  
**Víctor O. Rincón R. ©Msc.**

Sección Agricultura de Precisión  
Cenipalma

### Palabras CLAVE

Pudrición del cogollo, insectos  
plaga, agricultura de precisión,  
modelo temporal

Bud rot disease, insect infestation,  
precision agriculture, temporary model.

### Resumen

Los cultivos de palma Africana (*Elaeis guineensis*) localizados en el municipio de Tumaco han sido afectados por la enfermedad pudrición del cogollo desde mediados del 2006. Los productores, con apoyo del Gobierno nacional, han renovado parte de las plantaciones con el híbrido OxG, que es tolerante a la enfermedad. Sin embargo, la extensión de inóculo y las altas poblaciones de insectos alimentados por los cultivos de palma africana enfermos, en algunos casos abandonados, resultan en que el híbrido usado en la renovación, pese a su tolerancia, vaya siendo también afectado por la enfermedad y las plagas. Cenipalma, a través del Programa Agricultura de Precisión, junto con los palmicultores de Tumaco, han planteado la construcción de una franja sanitaria soportada en tecnología de AP, que derive en una protección del híbrido OxG utilizado en la renovación, así como la implementación de un sistema de monitoreo a través de modelos de análisis temporal.

### Abstract

Producers, with support from the national government, have replaced part of their plantations with the OxG hybrid, which is tolerant to the disease. However, the hybrid used for replanting, despite its tolerance, is being affected by the rapid spread of the inoculum and the large populations of insects feeding on diseased oil palm crops, in some cases abandoned. Cenipalma, through its Precision Agriculture Program, and in cooperation with oil palm growers of Tumaco, have proposed the construction of a sanitary buffer zone supported on Precision Agriculture technologies, to protect the OxG hybrid used for replanting, as well as the implementation of a monitoring system using temporal analysis models.



## Antecedentes

La investigación llevada a cabo por Cenipalma en cabeza de sus programas de Sanidad de la Palma y Agricultura de Precisión, reporta incidencia de la pudrición del cogollo (PC) en los bordes del cultivo del híbrido que limitan con cultivos enfermos de *guineensis*, así como ataques y mayores poblaciones de *Rhynchophorus palmarum*. Ello se debe a los altos niveles de inóculo presente en la zona y a las altas poblaciones del insecto en los cultivos vecinos de *guineensis* enfermos. Esta situación podría llegar a debilitar la tolerancia del híbrido, con graves consecuencias sanitarias y económicas que afectarían diferentes estamentos: productores, bancos, Estado, etcétera.

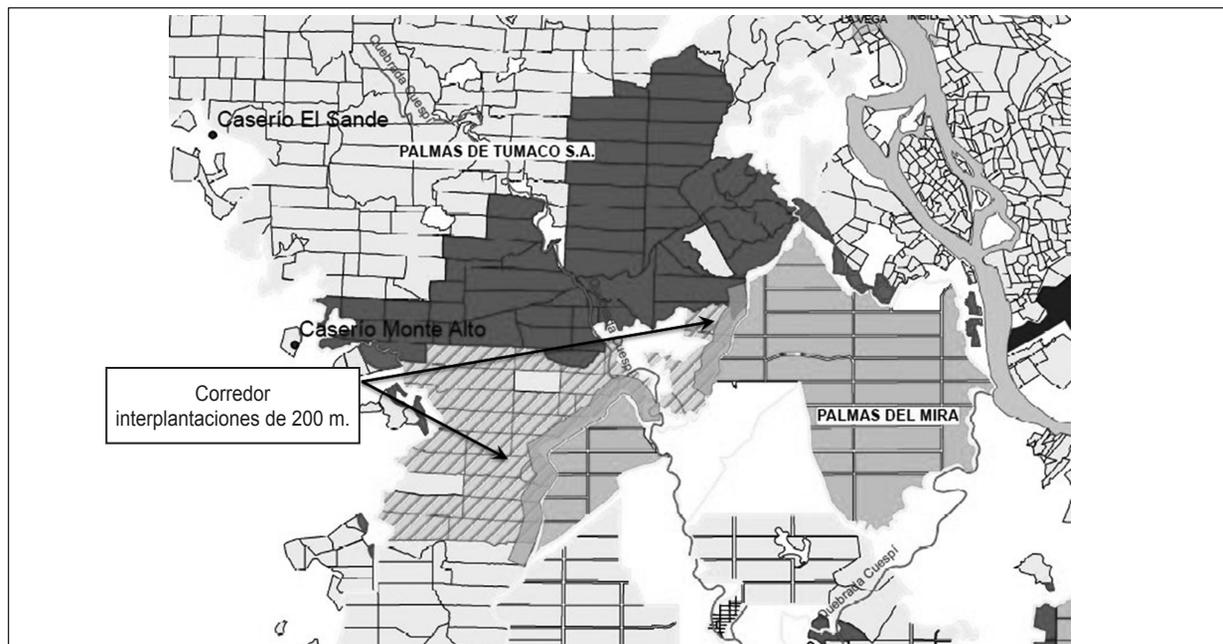
Como medida de seguridad, los patólogos recomiendan las franjas sanitarias para proteger los cultivos. Con base en la experiencia obtenida en Ecuador, el ingeniero agrónomo André Bethaud, del Cirad (Francia) recomienda establecerlas en Tumaco de 200 metros de distancia medidos desde el borde del cultivo de palmas OxG. Aunque Cenipalma no tiene resultados experimentales con dicha distancia, toma ese referente; sin embargo, la experiencia en Tumaco sustenta esta práctica.

Con el fin de proteger su cultivo, la plantación Palmas del Mira, por ejemplo, logró un acuerdo con Palmas de Tumaco para erradicar 200 metros lineales de palmas africanas enfermas limítrofes entre ambas empresas. El resultado fue la detención de la incidencia de PC al híbrido, así como la de los ataques de *Rhynchophorus palmarum* (Figura 1).

Las franjas sanitarias se han vuelto práctica en las renovaciones de las plantaciones grandes. En efecto, las siembras con el híbrido OxG se realizan tomando en cuenta que se erradique dentro de la misma plantación el área adicional para que el cultivo quede protegido (Figura 2).

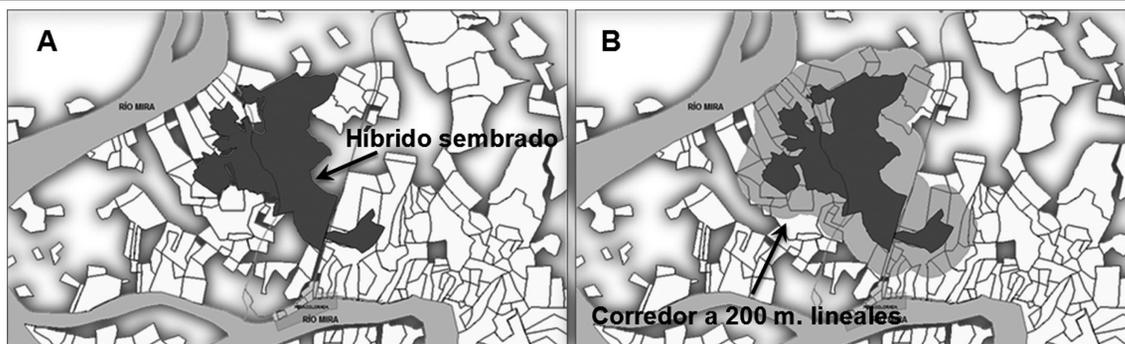
## Comportamiento de la enfermedad en *Elaeis guineensis*, 2007-2008

El núcleo productivo palmero de la Zona Occidental se divide en tres subzonas, lo cual facilita el manejo de la problemática: Mira, Centro y Caunapí (Figura 3). Ello se debe a los accidentes geográficos de la misma, uno natural (río Mira) y otro antrópico (vía Tumaco-Pasto) que marcan la discontinuidad geográfica, elemento importante para contemplar en el análisis de los datos en PC (Figura 3).



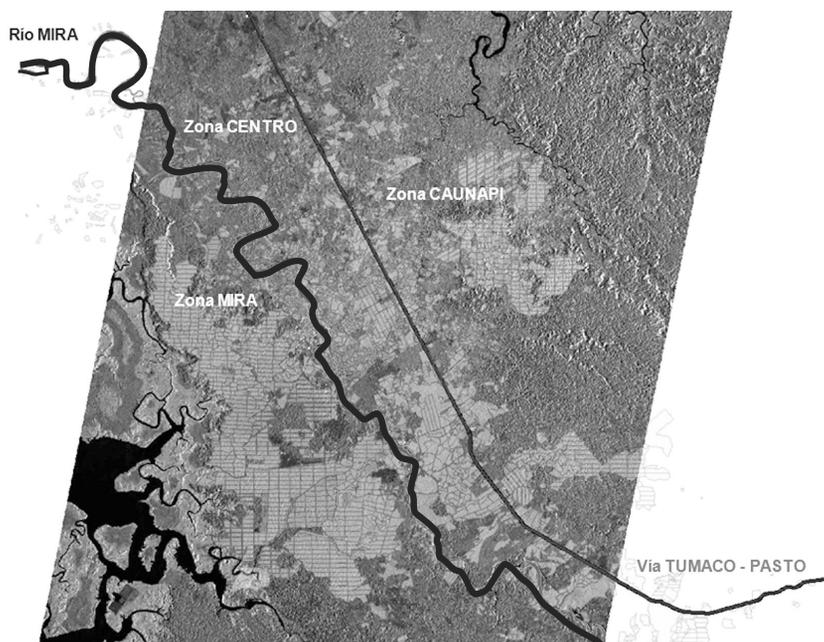
Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión, 2009.

**Figura 1.** Corredor (señalado con flechas) interplantaciones a 200 metros lineales.



Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión, 2009.

**Figura 2.** Corredor de 200 m (B), para protección del híbrido (A).



Fuente: Cenipalma, Agricultura de Precisión, 2009. Imagen TerraSat 3 m., de resolución. Nov. 2008

**Figura 3.** Subzonas geográficas por accidentes geográficos: Río Mira y vía Tumaco - Pasto.

El estudio de discontinuidad geográfica permitió disminuir la brecha entre la percepción de la población palmicultora y los resultados de la investigación. Este hecho se refleja principalmente en la zona Caunapí, que abarca el área costado oriental de la carretera Tumaco-Pasto, caracterizada por poseer menor grado de incidencia. Los medianos y pequeños palmicultores cuyos cultivos se han visto afectados en mayor proporción por la PC son aquellos ubicados alrededor de Imbilí, en la isla El Guavo, La Loma y Miraspalmas.

Para desarrollar el trabajo, Cenipalma y los productores de palma de aceite del municipio de Tumaco

(Zona Occidental palmera de Colombia), trabajaron en conjunto.

### Subzonas del núcleo productivo de palma de aceite en la Zona Occidental

Dada la presión del inóculo sobre las plantaciones palmeras y los datos reportados por cada empresa hasta febrero de 2008, los cuales se validaron en el campo, en dicha fecha el avance de la enfermedad en Tumaco se situaba en niveles exponenciales, así:

*Mira:* En enero de 2007, la subzona del Mira tenía sembradas 2.249.999 palmas de aceite, de las cuales



87.212 (3,9%) estaban afectadas por PC, cifra que para febrero de 2008 creció 61,3% hasta llegar a 1.379.052 y, unos meses después, a 1.466.864 (65,2%).

**Centro:** En la subzona centro del municipio de Tumaco, en enero de 2007 había 1.497.045 palmas de aceite sembradas; de ellas, estaban afectadas con PC 156.978, esto es, el 10,5% de incidencia. En febrero de 2008 ese porcentaje había subido a 45 (672.525 palmas), y luego a 55,4, equivalente a 829.503 palmas.

**Caunapí:** En enero de 2007 la cantidad de palmas sembradas en la subzona de Caunapí sumaba 1.493.428, y entre estas había enfermas 97.248 (6,5%); en febrero de 2008 la incidencia había aumentado 38% (568.288 palmas), y posteriormente a 44,6% (665.536 palmas).

En resumen, la subzona con mayor incidencia fue Mira, la cual, pese a tener valores bajos de incidencia al inicio del año 2007, en los meses sucesivos llegó a constituirse en la de mayor crecimiento de incidencia, con un 65,2% de palmas afectadas y donde se ubicó el foco mayor (Tabla 1).

## Resultados

### Renovaciones realizadas con el híbrido OxG y planes de renovación

Dada la magnitud del problema, las plantaciones asumen el trabajo de erradicar y renovar con híbrido los lotes con mayores incidencias de PC, los cuales deben protegerse de la presión del inóculo y de la presencia y explosión del insecto plaga *Rhynchophorus palmarum*.

Las áreas renovadas a mayo de 2009 y proyectos de renovación a diciembre del mismo año (información reportada por cada plantación y validada con trabajo de campo por los investigadores de Cenipalma), en su mayoría colindan con lotes que presentan altos niveles de incidencia de la PC, lo cual hace necesario diseñar un plan de trabajo para protegerlas.

La experiencia del vecino país del Ecuador en el tema de la PC sugiere el corredor fitosanitario de 200 metros para aislar la presión del inóculo sobre el híbrido, y la colocación sobre el borde externo del lote afectado de una red de trampeo cada 100 metros lineales, con el fin de generar una barrera etológica al insecto *Rhynchophorus palmarum*. Se soporta esta última premisa en la información reportada por el grupo de entomología de Cenipalma. Para determinar la franja de erradicación, se identifican los lotes ya renovados y en proyecto de renovación, así como los lotes vecinos con presencia de PC. Se apoya la decisión en el estudio llevado a cabo por Corpoica, C.I. Tibaitatá y Cenipalma, a febrero de 2008 (Tabla 2).

Como complemento de lo anterior, se observa la representación geográfica y su ubicación para cada una de las plantaciones. Las áreas renovadas a mayo de 2009 y las áreas que están en proyecto de renovación hasta diciembre de 2009 (Figura 4).

A partir de esta información se genera un corredor de influencia que va desde el lindero de los lotes renovados hasta la distancia establecida de 200 metros lineales. Este cubre el área por erradicar del lote afectado por PC, entendiéndose que en muchos casos colinda con usos diferentes al cultivo de palma de aceite, razón por la cual es un área que no tendría afectación alguna.

La franja fitosanitaria resultante tiene dos categorías, que surgen a partir del tipo de palmicultor que debe erradicar:

- Franja entre plantaciones: corresponde al área por erradicar en lotes pertenecientes a grandes plantaciones vecinas a proyectos de renovación.
- Franja de pequeños: son las áreas que se han de erradicar de lotes pertenecientes a pequeños palmicultores y que colindan con lotes que se han renovado o se tiene proyectado hacerlo antes de finalizar 2009.

A manera de ejemplo, en la Figura 5 se puede observar, la franja fitosanitaria entre plantaciones y, la franja

1. Kurtosis: El coeficiente de Kurtosis analiza el grado de concentración que presentan los valores alrededor de la zona central de la distribución. Se definen tres tipos de distribuciones, según su grado de kurtosis: a) Distribución mesocúrtica: presenta un grado de concentración medio alrededor de los valores centrales de la variable (el mismo que presenta una distribución normal). b) Distribución leptocúrtica: presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable, y c) Distribución platocúrtica: presenta un reducido grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable. Una mayor kurtosis implica que la mayor parte de la varianza es debida a desviaciones infrecuentes en los extremos, que se oponen a desviaciones comunes de medidas menos pronunciadas.

Tabla 1. Palmas afectadas en PC por subzona, 2008

Total palmas sembradas	Año	2007												2008	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic	Enero	Febrero
Mira	1	13.379	16.709	20.383	35.835	92.165	156.357	215.081	181.642	5.342	6.213	5.635	5.874	6.909	7.618
	2	31.134	32.179	16.581	18.880	22.157	27.462	50.288	172.075	440.093	493.517	86.310	5.771	5.042	6.668
	3	11.710	10.933	30.008	32.599	34.996	14.185	14.129	20.432	35.133	85.129	585.882	293.576	8.716	5.548
	4	9.531	12.698	13.612	13.718	17.343	40.921	45.863	49.404	16.607	32.067	67.005	552.322	493.498	148.829
	5	12.176	13.139	12.295	15.548	16.570	17.050	18.134	22.189	58.462	63.577	25.770	58.299	542.860	858.806
	6	9.882	12.159	15.839	17.677	22.263	32.505	38.861	47.525	58.498	70.003	132.232	156.481	202.958	439.395
Palmas con PC		87.812	97.817	108.718	134.257	205.494	288.480	382.356	493.267	614.135	750.506	902.834	1.072.323	1.259.983	1.466.864
															65,16%
Centro	1	6.570	7.696	8.079	11.933	30.777	52.226	62.386	62.386	3.600	4.091	4.162	5.041	2.117	3.901
	2	25.870	22.635	26.766	25.049	28.536	31.600	46.775	46.775	142.204	151.423	9.150	11.059	14.059	16.296
	3	12.006	16.825	16.971	24.200	19.379	23.431	25.650	25.650	53.925	71.423	220.380	183.188	16.307	13.715
	4	21.621	11.857	11.963	13.307	21.631	23.244	20.404	20.404	17.511	26.438	52.450	97.840	276.621	17.493
	5	75.160	92.565	99.629	105.004	114.163	34.759	29.349	29.349	40.526	37.883	43.970	73.595	87.418	368.163
	6	9.462	9.359	11.057	12.007	14.871	107.097	130.352	130.352	161.907	186.267	87.275	71.067	97.261	125.086
	7	6.289	7.748	8.044	9.498	11.230	12.048	17.880	17.880	25.044	31.353	161.562	213.242	244.774	284.849
Palmas con PC		156.978	168.685	182.509	200.998	240.587	284.405	332.796	332.796	444.717	508.878	578.949	655.032	738.557	829.503
															55,16%
Caupapi	1	8.789	10.112	13.872	21.949	48.092	45.447	48.438	10.691	5.358	2.112	2.182	927	1.292	2.122
	2	3.525	5.127	7.282	10.530	14.985	48.134	33.286	84.897	93.673	38.765	15.990	7.552	8.121	6.845
	3	4.306	5.557	4.276	3.782	7.317	12.338	53.731	16.607	33.744	102.254	107.638	48.541	17.803	4.729
	4	10.874	11.840	13.742	13.290	13.433	11.504	18.013	80.409	95.171	40.168	77.513	167.663	215.066	216.085
	5	27.734	29.229	23.495	23.857	18.941	18.998	21.208	23.654	33.560	119.306	141.641	29.958	45.186	91.228
	6	37.093	40.957	51.539	58.299	69.474	33.496	36.933	41.482	20.938	27.576	33.775	165.008	186.729	160.403
	7	2.918	2.970	3.026	3.088	3.128	48.931	53.347	55.875	82.791	89.493	98.158	117.082	125.451	184.124
Palmas con PC		97.248	105.792	117.232	134.795	175.370	218.848	264.956	313.615	365.235	419.674	476.897	536.731	599.648	665.536
															65,16%

Fuente: Corpoica, plantaciones y Cenipalma. 2008

**Tabla 2.** Hectáreas netas y renovadas por plantación

Grupo/Plantación	Plantación/Finca	Área neta	Renovado a mayo 2009	Proyecto de renovación a diciembre 2009	Siembras nuevas	Sin proyecto de renovación
Agrigan Ltda.	Agrigan Ltda.	453,61	45,00	19,00	-	389,61
Grupo Palmeiras	Palmas del Mira	580,00	580,00	-	-	-
	Palmeiras S.A.	2.145,00	457,00	163,00	-	1.525,00
	Araki S.A.	1.600,00	286,00	-	-	1.314,00
Astorga S.A.	Astorga S.A.	2.537,00	426,00	1.000,00	-	1.111,00
Corpoica (E.E. El Mira)	Corpoica (E.E. El Mira)	468,00	20,00	100,00	-	348,00
Grupo Manigua	Central Manigua	400,00	250,00	150,00	-	-
	Congo	400,00	200,00	200,00	-	-
	Por Amor a Dios	163,00	-	163,00	-	-
	Ichimura	60,00	-	60,00	-	-
	Palmas del Pacifl	220,00	120,00	100,00	-	-
	Inverpacifico S.A.	80,00	45,00	35,00	-	-
	La Mocita	50,00	-	50,00	-	-
Miranda	Miranda	900,00	71,23	658,77	-	170,00
Santa Helena	Palmar Santa Elena S.A.	1.698,00	202,71	113,29	-	1.382,00
	La Clarita	49,16	45,12	-	-	4,04
	La Fortuna	15,46	-	-	-	15,46
	El Porvenir	17,08	-	-	-	17,08
	La Esperanza	12,03	-	-	-	12,03
Palmas de Tumaco S.A.	Palmas De Tumaco S.A.	4.192,00	604,25	716,62	198,00	2.673,13
Salamanca	Salamanca	2.133,49	165,28	907,87	-	1.060,34
Santa Fe	Santafe S.A.	550,09	114,80	435,29	-	-
	Chalet	22,89	15,60	7,29	-	-
	Jamaica	240,00	166,60	73,40	-	-
	Terranova	115,00	115,00	-	-	-
	Neguelia	187,20	-	-	-	187,20
	Km 28	103,90	-	-	-	103,90
	Km 35	66,30	-	-	-	66,30
	Paraiso	87,10	-	-	-	87,10
Peaje	38,70	-	-	-	38,70	
La Catalina	La Catalina	53,64	50,15	3,49	-	-
<b>Totales</b>		<b>19.638,65</b>	<b>3.979,74</b>	<b>4.956,02</b>		<b>10.504,89</b>

Fuente: Plantaciones de la Zona Occidental, 2009

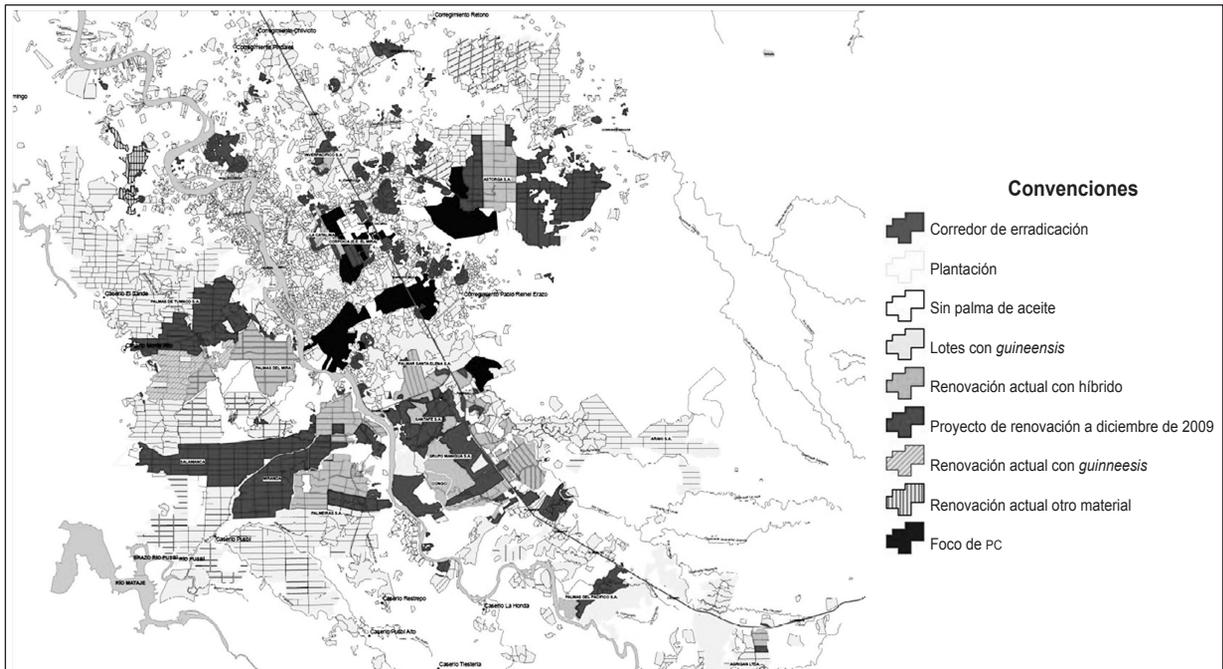
fitosanitaria correspondiente a pequeños palmicultores. Dichas franjas representan geográficamente el área por erradicar, la cual no solo se calcula por cada polígono sino que también se determina el número de palmas que se han de erradicar (Figura 5).

Para determinar el costo económico del proceso de erradicación, bien sea por método mecánico o químico, se procede bajo las siguientes premisas: una hectárea equivale a 140 palmas; el costo de utilización del método químico es de \$6.050 y el del mecánico es de

\$7.800. Los valores se establecen tomando en cuenta los costos reales directamente en el campo y consensuados con las plantaciones afectadas (Tabla 3).

Vale decir que las plantaciones asumieron directamente el costo de la franja fitosanitaria entre ellas, iniciada en abril de 2009 (Tabla 4).

En el caso de la franja de pequeños palmicultores se tienen dos etapas: lotes colindantes con áreas renovadas a mayo de 2009, y lotes colindantes con áreas proyectadas por renovar a diciembre de 2009 (Tabla 5).

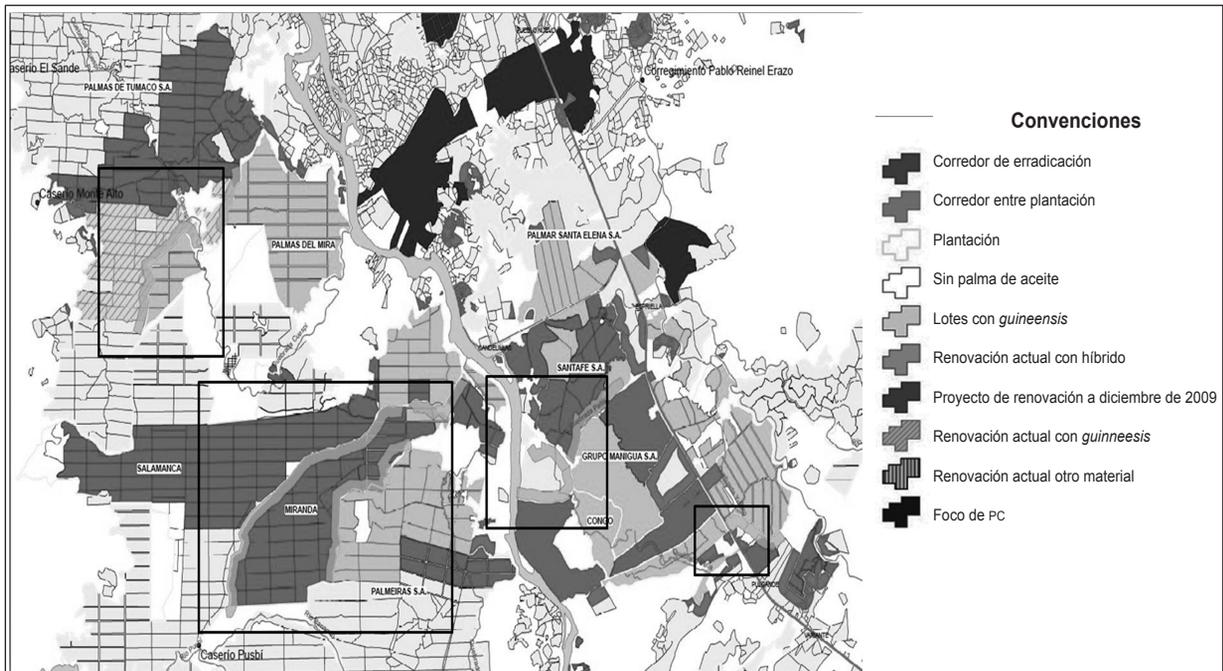


Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

**Figura 4.** Áreas renovadas a mayo de 2009 y proyectadas a diciembre de 2009, por plantación.

Es importante comentar que en el caso de los pequeños productores agrupados en Palmasur, si bien se tiene información de las áreas por renovar, las mismas

no se encuentran georreferenciadas; por tanto, no se incluyen dentro del anterior análisis. Se espera hacer un trabajo de campo que permita su ubicación exacta.



Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

**Figura 5.** Corredor fitosanitario entre plantaciones grandes (recuadros).

**Tabla 3.** Área de la franja a erradicar, número de palmas afectadas y costo por método empleado

Franja fitosanitaria	Área (ha)	# palmas	Método de erradicación	Costo
Franja entre plantaciones	347	49.557	Químico	\$299.817.733
Franja entre plantaciones	556	79.508	Mecánico	\$620.162.400
Franja de pequeños	1.273	178.172	Químico	\$1.077.943.020
Total	2.175	307.237		\$1.997.923.153

Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

**Tabla 4.** Erradicación en la franja fitosanitaria entre plantaciones

Plantaciones	Nº palmas reales	Abril	Mayo	Junio	Avance	% Avance
Miranda - Palmeiras	12.334				-	0%
Miranda - Salamanca	17.160		8.580		8.580	50%
Palmaco - Palmas del Mira	12.836	2.869	2.869		5.738	45%
Salamanca - Palmas del Mira	3.861	3.861			3.861	100%
Terranova- Manigua	9.224				-	0%
Santa Fe- Santa Helena (lote 1)	1.081				-	0%
Santa Fe- Santa Helena (lote 19)	1.224			1.224	1.224	100%
Santa Fe- Manigua (23,17,16,2)	7.139				-	0%
Km 35- Manigua	2.404				-	0%
Peaje- Mnigua	6.123				-	0%
Santa Helena - Manigua (Italia)	4.991				-	0%
Santa Helena - Santa Fe (Italia)	3.452				-	0%
Santa Helena - Manigua Km 35	877			-	-	0%
Santa Helena - Manigua (Palpacífico)	3.552			-	-	0%
Totales	73.420	6.730	11.449	1.224	19.403	26%

Fuente: Plantaciones 2009.

**Tabla 5.** Etapas para la franja fitosanitaria con pequeños productores

Etapas	Área (ha)	# palmas	Método de erradicación	Costo
Etapas 1	299	41.927	Químico	\$253.659.560
Etapas 2	973	136.245	Químico	\$824.283.460
Total	1.273	178.172		\$1.077.943.020

Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

## Erradicación de focos

Tal como se aprecia en la Figura 6, existen cuatro plantaciones que se han denominado *focos*, dadas las características de ser un área totalmente afectada por PC y en estado de abandono, que la hacen propicia para la mayor incidencia de PC y para hospedar *Rhynchophorus palmarum*. Las áreas renovadas y reportadas por las plantaciones a mayo de 2009 y

las proyectadas para renovar a diciembre de 2009 (Figura 6).

Los costos totales de erradicación de los focos de la PC descritos se relacionan en la Tabla 6. Como se ve, estas áreas no pertenecen a pequeños productores, por lo cual el Estado establece la obligatoriedad de erradicar las palmas enfermas y que son fuente de inóculo para toda la zona.



Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

**Figura 6.** Localización de focos (color oscuro).

### Análisis de la red de trampeo actual

En mayo de 2009 se contaba con 1.176 trampas georreferenciadas distribuidas entre las plantaciones, tal como lo muestra la Tabla 7; del total solo 23 no reportaron lecturas: 13 correspondientes a Palmas de Santafé y 10 a La Miranda.

Las plantaciones de Astorga y Palmeiras tienen valores extremos. Astorga reporta el número de capturas por trampa más bajo, con un valor de 82, mientras Palmeiras reporta una trampa con 8.800 capturas. Además, sobre las mismas plantaciones se ubican los picos de desviación estándar, y pese a la desviación estándar de todas las plantaciones y la regional, se evidencia un alto nivel de dispersión de los valores de

capturas en las trampas. En Astorga se presenta el nivel más bajo de desviación estándar, lo cual indica mayor nivel de concentración de los valores de las capturas alrededor de la media.

Al realizar el cálculo de kurtosis se tiene un valor regional (para todas las plantaciones) de 21.18, lo cual ratifica la existencia de altos valores de captura atípicos. Si se toma en cuenta la distribución espacial de las trampas, es indudable la presencia de focos que responden a estos valores atípicos. En tal sentido, el análisis espacial realizado busca facilitar la identificación de dichos focos que contienen los valores atípicos y, con ello, la toma de decisiones en el contexto regional.

**Tabla 6.** Costos por foco mediante método de erradicación química

Plantación	Método de erradicación	Área a erradicar	Palmas a erradicar	Valor de erradicación
Corpoica	Químico	274,55	38.437	\$232.543.850
El gran Cebú	Químico	698,18	97.745	\$591.358.460
Gonzalo Burbano	Químico	449,53	62.934	\$380.751.910
Federico García	Químico	130,69	18.297	\$110.694.430
Total general		1.552,95	217.413	\$1.315.348.650

Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.



## Concentración espacial de las capturas en las trampas de *R. palmarum*

El fenómeno de concentración espacial tiene lugar cuando se produce una especial concentración de valores extremos de una variable en torno a una o varias unidades territoriales cercanas en el espacio. Estas zonas de especial concentración de valores extremos de una variable se conocen también como zonas calientes/frías, según se trate de una concentración de valores especialmente altos/bajos de una variable, respectivamente. Para el análisis de tipo descriptivo sobre las capturas de las trampas se parte de las siguientes hipótesis:

- $H_0$  (hipótesis nula): Alrededor de la trampa no existen trampas con valores de capturas inusualmente altos o inusualmente bajos.
- $H_a$  (hipótesis alternativa): Alrededor de la trampa existen trampas con valores de capturas inusualmente altos o inusualmente bajos.

El estadístico utilizado para la verificación de dichas hipótesis fue  $G_i^*$ , que corresponde a la función Hot Spot  $G_i^*$  del software geográfico de Cenipalma. Este estadístico  $G_i^*$  es un indicador local de autocorrelación espacial (LISA) que compara de manera individual el número de capturas para cada una de las trampas con respecto a sus vecinas, en un radio de acción que considera un efecto de vecindad inversamente proporcional a la distancia (Figura 7).

El resultado para cada trampa es un valor  $G_i^*$  que permite evaluar las hipótesis, a un nivel de confianza del 95% de aceptación,  $H_0$  (hipótesis nula), se acerca a valores de  $G_i^*$  entre -1,96 y 1,96 (Figura 8).

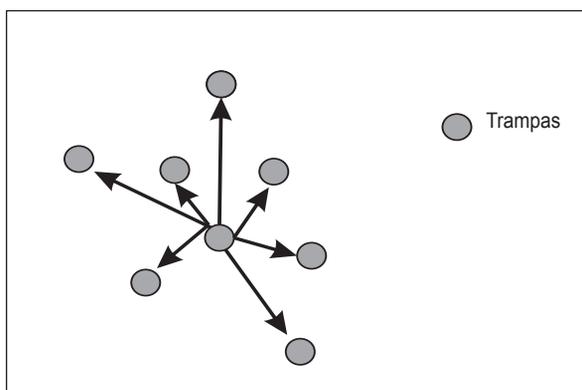


Figura 7. Efecto de vecindad.

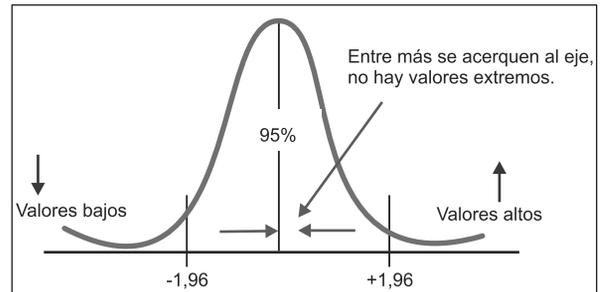


Figura 8. Comparación de niveles de captura.

Dado que se busca un valor de comparación de niveles de captura en el contexto regional, se definen tres grandes grupos:

**Bajo:** La trampa posee niveles bajos de capturas en la región. Pertenecen a este grupo trampas con valores  $G_i^*$  menores que -1,96.

**Medio:** La trampa posee niveles medios de captura en la región. Pertenecen a este grupo las trampas con valores  $G_i^*$  entre -1,96 y 1,96. Es decir, se acepta la hipótesis nula.

**Alto:** La trampa posee niveles altos de captura en la región. Pertenecen a este grupo trampas con valores  $G_i^*$  mayores que 1,96.

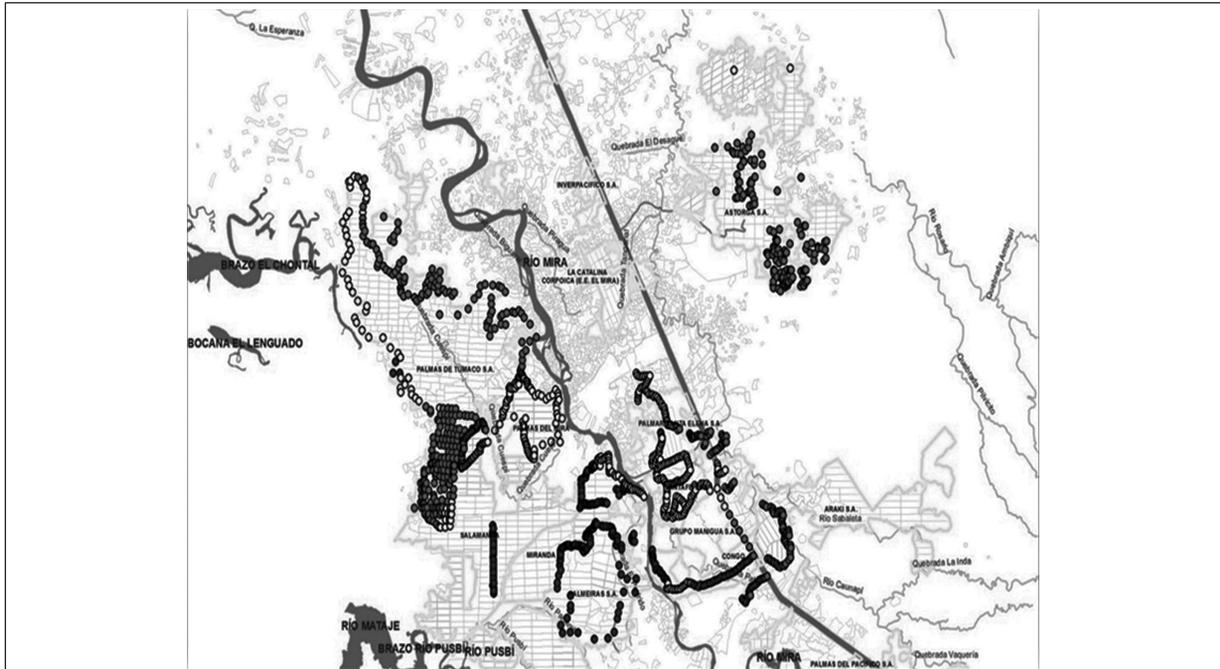
## Análisis regional de puntos calientes

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se realiza la clasificación de los valores de captura de cada una de las trampas, con lo cual se llega a un plano de puntos altos/bajos o calientes/fríos que facilita el análisis de captura de cada plantación en un contexto regional (Figura 9).

## Conclusiones

El empleo de técnicas y herramientas de geomática y de agricultura de precisión permitieron, además de estructurar la información geográfica y alfanumérica, contar con un importante instrumento para la orientación y toma de decisiones sobre la enfermedad y la presencia del insecto plaga *R. palmarum*, en una realidad actual.

Los resultados de la vigilancia fitosanitaria y de la información suministrada por los productores, Fedepalma y Cenipalma, determinaron la presencia de la



Fuente: Cenipalma y plantaciones 2009.

**Figura 9.** Localización de focos (color oscuro).

enfermedad pudrición del cogollo (PC) con una amplia distribución en la zona de producción de palma (*Elaeis guineensis*) en el municipio de Tumaco, en el departamento de Nariño.

Se identificaron focos de palmas afectadas por pudrición del cogollo en el municipio de Tumaco, calculados en 217.413 palmas sembradas en 1.553 hectáreas.

Se determina que la erradicación empleando el método de control químico ha resultado eficiente, y su costo aproximado es de \$6.050 por palma.

En Tumaco se están desarrollando programas de renovación con materiales genéticos tolerantes a la enfermedad, que podrían ser afectados debido al alto índice de PC registrado en la zona.



## Bibliografía

- Esri. 2008. Función Hot Spot Gi\*, algoritmo geográfico de ArcGis.
- Cevo, G., J.H. 1974. Análisis de modelos geográficos en Costa Rica, Universidad Nacional, Escuela de Geografía, 252 p.
- Tomlinson, R. 2007 y 2009. Thinking about GIS (Pensando en GIS). Versiones en inglés y en español.
- Descartes; Bunce, T. 2000. Programming the Perl DBI. O'Reilly & Associates, Inc.
- Open GIS Consortium Inc. 1999. The OpenGIS abstract specification. (Consultado en la web) <http://www.opengis.org/techno>.
- Ospina, M. 2004. Measuring Up: The business Case for GIS. Redlands, California.