

EJEMPLO PRACTICO DE LA UTILIDAD DE LA AGRICULTURA DE PRECISION EN EL MANEJO NUTRICIONAL DE UNA FINCA COMERCIAL DE CAFE Y CAÑA DE AZUCAR EN ZONA DE LADERAS, COSTA RICA

Floria Bertsch¹, Carlos Henríquez¹, Floria Ramírez¹, Freddy Sancho¹

¹Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, Asociacion Costarricense De La Ciencia Del Suelo, fbertsch@cariari.ucr.ac.cr

INTRODUCCION

Dado que metodológicamente la aplicación tradicional de “Agricultura de Precisión” imponía la disponibilidad de “software” especializado y el uso de maquinaria y equipo muy sofisticado, y prácticamente casi obligaba la presencia de relieves planos, las áreas ubicadas en relieves heterogéneos de países donde la accesibilidad a esos equipos resultaba económicamente inviable, parecían estar automáticamente excluidas de dichas corrientes. No obstante, desde que estas ideas comenzaron a expandirse, el análisis de los principios filosóficos del manejo por “sitio específico” permitía intuir que, con las adaptaciones del caso, los fundamentos esenciales de esta teoría tendrían su sentido y aplicabilidad en cualquier condición.

Filosóficamente, se dice que la “Agricultura de Precisión” consiste en el manejo de las plantaciones en forma diferenciada de acuerdo a las características de cada sitio con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar los efectos sobre el ambiente (PPI, 1999).

Ya para 1999, en esta zona de Juan Viñas en concreto, ubicada al este del Valle Central de Costa Rica, con unos primeros intentos de resumir los avances logrados en fincas particulares después de algunos años de aplicar estas prácticas, comenzaba a quedar en evidencia que, para el manejo de la nutrición de plantaciones comerciales en busca de lograr la máxima expresión de su productividad sin causar deterioro, este tipo de manejo por lotes, representaba una mejor opción que el uso de un paquete único promedio de fertilización para todas las área de una finca (Bertsch 1999).

En este momento, con 5 años de organizar datos por sitio específico y tomar decisiones de manejo basándose en dicha información, en fincas comerciales dedicadas a la producción de caña y café, es posible documentar con resultados, las ventajas de dichos procedimientos.

Por estas razones, a manera de continuación del trabajo anterior, el objetivo de este documento consiste en presentar demostraciones concretas de la utilidad de aplicar los criterios de “sitio específico” en el manejo de los aspectos nutricionales de una finca comercial de caña y café, de relieve heterogéneo, ubicada en el trópico costarricense.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se hizo en la finca El Sitio, de 250 ha, ubicada en la Hacienda Juan Viñas, en Jiménez de Cartago, Costa Rica, en un relieve heterogéneo y dedicada a la plantación comercial de café (100 ha) y de caña de azúcar (150 ha). Las plantaciones de caña de azúcar ocupan las áreas más planas y el café se ubica en los lotes de mayor pendiente. La Figura 1 muestra la fotografía aérea de la zona de estudio.

Estas plantaciones, habían sido manejadas durante los últimos 40 años en forma tradicional, aplicando un paquete generalizado para cada cultivo y sin hacer un uso directo de los registros de producción que se llevaban para la toma de decisiones nutricionales.

En el Cuadro 1 se resume el programa de fertilización aplicado a la plantación de café en el pasado y durante los últimos años, la Figura 2 muestra las variaciones en el programa de caña y su relación con el rendimiento, y el Cuadro 2 las dosis usadas en caña en los últimos años.

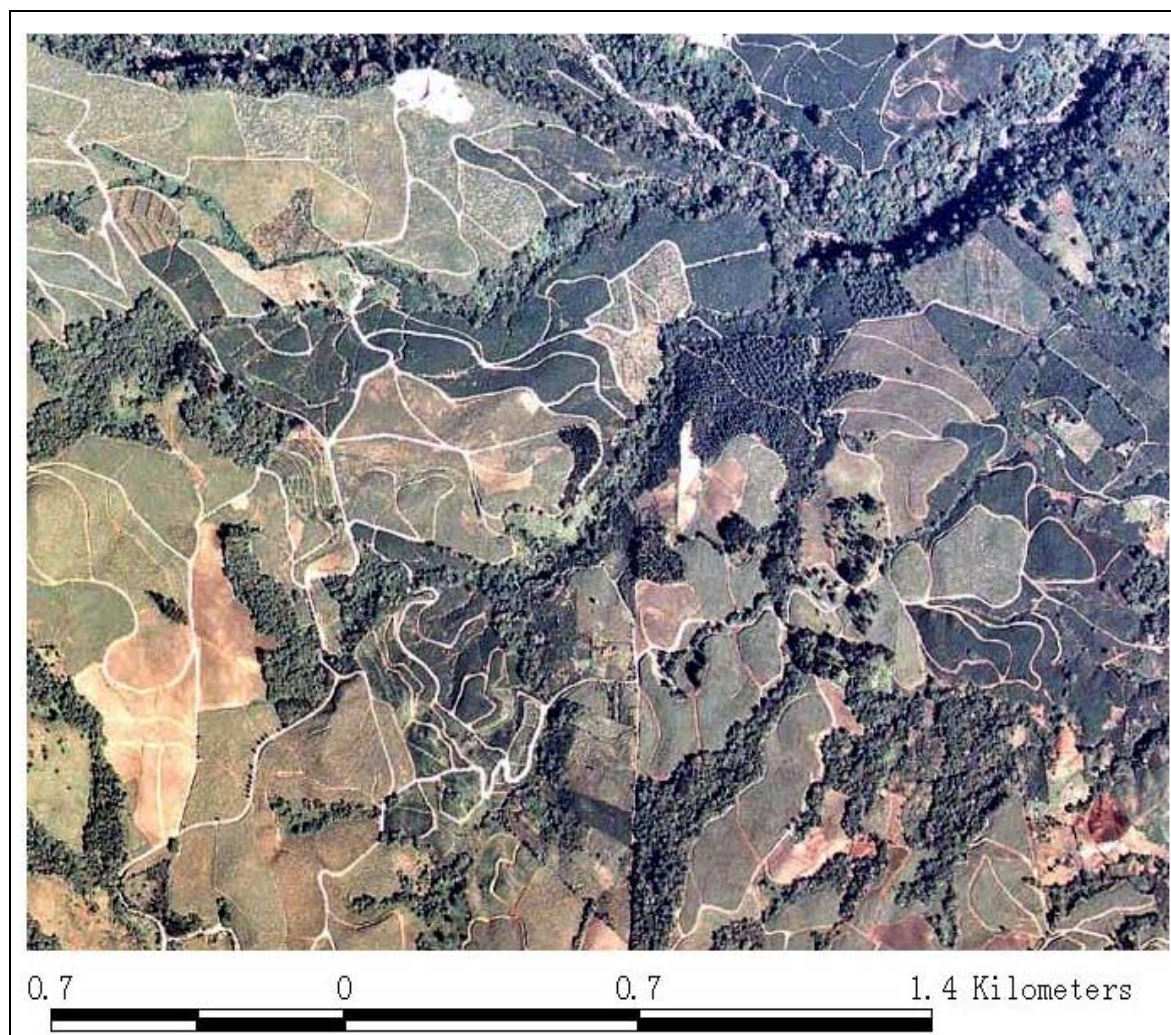


Figura 1. Fotografía aérea de la zona de estudio.

Cuadro 1. Dosis anual de nutrimentos aplicadas a la plantación de café en los diferentes años.

Año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃
	----- kg/ha -----				
Antes 1997	216	27	90	94	11
1997	198	35	105	71	14
1998A	238	36	202	24	12
1998B	228	49	192	24	12
1999A	217	42	175	28	14
1999B	200	64	158	28	14
2000	266	35	181	28	8
2001	263	18	178	28	8

A y B corresponden a las diferentes opciones ofrecidas en ese año para responder a problemas específicos detectados por los análisis de suelos

Los datos repintados señalan los años en que se hicieron aplicaciones más fuertes de esos elementos.




Cuadro 2. Dosis de nutrimentos aplicadas por ciclo a la plantación de caña en los diferentes años.


Año	Programa		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃	Zn
Antes 1998	Plan general		194	50	138	52	28	0
1998	Programa 1	P<5	250	75	150			
1998	Programa 2	P<5, K<0.2	250	75	200			
1999	Programa 1	P<5	250	75	200			2
1999	Programa 2	K<0.2	249	68	204			2
1999	Programa 3	P<5, K<0.2	261	75	211			2
2000	Programa 1	P<5	250	75	200			2
2000	Programa 2	K<0.2	249	68	204			2
2000	Programa 3	P<5, K<0.2	261	75	211			2
2001	Programa 1	Siembra	213	67	228			5
2001	Programa 2	Promedio	248	77	264			5.5
2001	Programa 3	Alto	258	81	276			6

A partir de 1997, esta finca comenzó a ser utilizada como modelo para aplicar los conceptos de agricultura de precisión en el manejo de sus aspectos nutricionales, y empezó a sistematizar la recolección y archivo de los datos generados.

Los principales registros con los que se cuenta y las variables que ellos incluyen se presentan en los Cuadros 3a, 3b, 4a y 4b. Según las condiciones de cada cultivo, el tipo de información disponible y recolectada es diferente.

Cuadro 3a. Encabezado de la base de datos de café. Características generales, parámetros de cosecha y de renovación para café.

CARACTERÍSTICAS								COSECHA					RENOVACIÓN   			
#	Bloque	Zona	Finca	Lotes	Año	Area total	Estado de lote	Año de cosecha	Area cosechada	caj/lote	fan/lote	fan/ha	Año de poda	Area podada	Tipo de poda	Area sembrada
44	51	alta	El Sitio	Tres	1998	6.57	PT0	98/99	0	0	0	0	1998	6.57	PT	
44	51	alta	El Sitio	Tres	1999	6.57	PT1	99/00	6.5	1536	77	12	1998			
44	51	alta	El Sitio	Tres	2000	6.57	PT2	00/01	6.5	3373	169	26	1998			
44	51	alta	El Sitio	Tres	2001	6.57	PT3	01/02				0	1998			
49	52	alta	El Sitio	Vijarro	1998	1	RN5	98/99	1	1370	69	69	1993			
49	52	alta	El Sitio	Vijarro	1999	1	PT0	99/00	0	0	0	0	1999	1	PT	
49	52	alta	El Sitio	Vijarro	2000	1	PT1	00/01	1	380	19	19	1999			
49	52	alta	El Sitio	Vijarro	2001	1	PT2	01/02				0	1999			
47	52	alta	El Sitio	Guineal	1998	0.5	RN5	98/99	0.5	745	37	75	1993			



Cuadro 3b. Variables de suelo para café.

SUELOS														
Lotes	5.5	0.5	5.00	0.2	4.00	1.0	15	Encalado (sacos/ha)	Fuente	10	2	10	5	3.0
	pH	Acid	CIC E	K	Ca	Mg	% Al			P	Cu	Fe	Mn	Zn
Tres 98	4.7	1.1 0	3.62	0.1 2	1.70	0.7 0	30	20	cal	4	14	135	7	1.6
Tres 98	4.8	0.6 2	6.31	0.1 2	4.71	0.8 6	10	15	dol	5	13	117	10	2.4
Tres 98	5.0	0.4 3	5.55	0.4 4	3.76	0.9 2	8	10	dol	9	15	86	6	3.4
Tres 98	4.9	0.5 9	2.09	0.1 0	1.12	0.2 8	28	15	dol	16	10	100	3	1.9
Vijarro	4.5	3.1 0	6.36	0.3 6	2.40	0.5 0	49	40	dol	53	24	334	10	3.3
Vijarro	5.1	0.4 8	9.28	0.2 3	7.54	1.0 3	5	10	dol	28	25	192	18	6.8
Vijarro	5.1	0.6 0	9.54	0.5 6	6.40	1.9 8	6	0	.	45	20	183	7	8.8
Vijarro	4.8	1.7 8	6.35	0.6 4	3.16	0.7 7	28	15	dol	42	20	272	11	5.0
Quesada	4.5	2.5 0	5.84	0.3 4	2.60	0.4 0	43	30	dol	37	20	268	5	1.9

Cuadro 4a. Encabezado parcial de las base de datos de caña. producción y suelos. Características generales y parámetros de cosecha para caña.

CARACTERÍSTICAS			COSECHA										
FINCA	LOTE	LOTE NUEVO	Fecha corta	AÑO	Ha cortadas	Variedades	#CORTA	EDAD	T Caña/ha	kg Az Cru/t caña	T Bla/ha	tAz Bla/mes/ha	
El	ANGELIS	Angeli	09-Jul	1990	9.60	H44	4	13.0	107	84.23	8.6	0.66	
El	EMILIA	Angeli	18-Mar	1991	13.29	H59	4	21.0	148	102.68	14.5	0.69	
El	ANGELIS	Angeli	23-Mar	1992	9.60	H44	5	21.0	148	108.37	15.3	0.73	
El	EMILIA	Angeli	03-May	1993	13.79	H62	1	23.0	207	124.06	24.5	1.07	
El	ANGELIS	Angeli	06-Jun	1994	9.60	H61	1	23.0	289	111.23	30.7	1.33	
El	EMILIA	Angeli	18-Jun	1995	13.79	H62	2	25.0	212	114.50	23.2	0.93	
El	ANGELIS	Angeli	11-Ago	1996	3.79	H62	3	14.0	98	107.76	10.1	0.72	
El	ANGELIS	Angeli	24-Mar	1996	9.60	H61	2	22.0	244	112.71	26.2	1.19	
El	ANGELIS	Angeli	15-Jun	1997	12.60	H61	3	13.0	154	93.51	13.8	1.06	
El	ANGELIS	Angeli	01-Feb	1998	3.79	H62	5	22.0	123	104.08	12.3	0.56	
El	ANGELIS	Angeli	28-Mar	1999	11.89	H61	3	22.0	234	100.31	22.4	1.02	
El	ANGELIS	Angeli	FEBRER	2001	12.10		5	24.0	202	92.14	17.7	0.74	
El	MENDEZ	Isabele	12-Feb	1990	2.00	H60	1	24.0	173	100.06	16.5	0.69	
El	DOÑA	Isabele	11-Feb	1991	7.32	M:H56-	5	23.0	159	89.68	13.6	0.59	

Cuadro 4b. Variables de suelo para caña.

CARACTERÍSTICAS			SUELOS													
fecha	Finca	Sublote	5.5	0.50	5.00	0.20	4.00	1.00	15	sacos/ha	10	2	10	5	3.0	
			pH	Acidez	CICE	K	Ca	Mg	% Al	Cal	Dol	P	Cu	Fe	Mn	Zn
1999	El Sitio	Angelisladera	4.6	0.81	5.33	0.25	3.76	0.51	15		15	25	10	324	7	3.3
2001	El Sitio	Angelisladera	5.1	0.78	4.61	0.23	3.06	0.54	17		15	39	9	216	10	7.6
1999	El Sitio	MontaÑallano	4.6	0.54	3.55	0.19	2.44	0.38	15		20	19	11	374	8	4.0
2001	El Sitio	MontaÑallano	5.2	0.30	3.63	0.16	2.61	0.56	8		15	13	11	180	22	3.3
1998	El Sitio	Venturaladera	5.3	0.89	3.74	0.13	2.53	0.20	23		25	3	13	159	5	0.9
2000	El Sitio	Venturaladera	5.2	0.23	3.88	0.12	3.26	0.27	6		25	4	10	79	3	0.2
1998	El Sitio	Venturallano	5.5	0.37	5.04	0.17	4.19	0.32	7		30	6	13	167	7	3.0
2000	El Sitio	Venturallano	5.5	0.18	3.84	0.09	3.22	0.35	5		20	6	10	101	5	0.1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información disponible

En el caso del cultivo del café (Cuadro 3), la finca está dividida en 20 lotes de tamaño muy irregular y además de las características descriptivas del lote como son la variedad, el tipo de sombra existente, que se encuentran acomodadas en la base y además graficadas como una capa del mapa, se cuenta con información química de suelos de los últimos 5 años, y registros de producción por lote de los últimos tres. Esta variable, dados los procedimientos tradicionales de realizar la recolecta uniendo el producto de muchos lotes en el mismo camión de transporte, constituyó la más difícil de contabilizar.

Los lotes de caña de azúcar (Cuadro 4) constituyen en la actualidad 8 unidades, aunque en el pasado reciente (3-5 años antes) estuvieron divididos en un mayor número de pequeñas unidades. Esta realidad ha representado una dificultad para el manejo en mapas de la información, pues aún se cuenta con poca información consistente para cada nuevo lote. Además, la caña producida en esta zona, presenta la particularidad que su ciclo de mayor rentabilidad es de 24 meses. Esta circunstancia hace que la finca se maneje por mitades, de modo que la información sobre un mismo lote, especialmente en lo que se refiere a características químicas del suelo, solo puede ser recolectada cada 2 años. A pesar de estas limitantes, existe la ventaja que se cuenta con registros de producción de los últimos 11 años, por lo que ha sido posible obtener otro tipo de información a partir de la base de datos.

Efecto del cultivo y el manejo sobre el suelo

El primer aspecto a destacar en este estudio consiste en el efecto que el cultivo continuo de una u otra especie, café y caña respectivamente, con sus correspondientes prácticas de manejo, ha ocasionado sobre las características químicas del suelo. Es muy probable que, pedogenéticamente, los suelos de toda la finca fueran iguales, con pequeñas variaciones locales por efecto del relieve, y taxonómicamente clasifican como Udands. Sin embargo, luego de más de 40 años bajo un tipo específico de explotación agrícola, han desarrollado características nutricionales muy diferentes, íntimamente asociadas al manejo recibido. En el Cuadro 5 se presentan los análisis promedio de los suelos cafetaleros y cañeros para la finca El Sitio al iniciarse el estudio.

Cuadro 5. Promedio de análisis de suelos por año, para los lotes de café y caña en la finca El Sitio, Juan Viñas, Costa Rica.

Cultivo	año	Número de lotes	pH	SA %	Acidez	CICE	cmol(+)/L			P	mg/L			
							Ca	Mg	K		Cu	Fe	Mn	Zn
Café	1997	20	4.6	29	3.1	11.62	7.15	0.75	0.62	50	18	219	17	2.8
Caña	1998	8	5.2	17	0.7	3.85	2.78	0.21	0.18	8	11	137	6	1.5

Como se puede observar, la situación de acidez de los suelos cafetaleros en el año inicial, antes de empezar el programa de encalado por sitio específico, era mucho más severa que en los suelos cañeros, del orden del doble en términos de % de Saturación de Acidez. Unido a esto, los niveles de Mg también eran bajos, no así los de Ca y K que más bien se encontraban en niveles por encima de los adecuados, al igual que el P. Por su parte, los suelos cañeros lo que mostraban era un nivel de bases sumamente bajo, tanto de Ca, como particularmente de Mg y K, al igual que de P, denotando con esto la fuerte extracción que ocasiona este cultivo sobre las reservas del suelo en relación directa con el manejo histórico en la fertilización que se le ha aplicado a estos lotes. El Zn aparecía bajo en ambos sistemas, pero mucho más en el caso de la caña.

Si se establece una comparación entre la extracción anual de nutrimentos que ejecutan cada uno de estos cultivos sobre el sistema, y las cantidades adicionadas con los programas convencionales de fertilización aplicados por año hasta esa fecha, se vuelve fácil explicar la presencia de estas condiciones. Estos datos se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Extracción de nutrimentos y cantidades aplicadas en cada cultivo

		kg/ha/ciclo				kg/ha/año				kg/ha	mg/L	cmol(+)/L	
		N	P	K	Mg	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Requisitos													
Café ¹	45 fan/ha	115	8	116	10	115	8	116	10	115	4.0	0.15	0.04
Caña ²	180 t/ha	173	46	373	43	87	23	187	22	87	11.5	0.24	0.09
Aplicación													
Café	Antes del 97	216	27	90	94	216	27	90	94	216	13.5	0.12	0.39
Caña	Antes del 97	194	50	138	52	97	25	69	26	97	12.5	0.09	0.11
¹ Los datos de requisitos provienen, en el caso de café de determinaciones empíricas de las necesidades del grano, y los de caña constituyen el resultado de la curva de absorción efectuada en la finca sobre la variedad H61, en segunda corta. ² Hay que tener presente que el ciclo de crecimiento de la caña en esa zona es de 24 meses.													

En primer lugar, en forma general, se puede observar que el programa de aplicaciones en café, por la mayor intensidad con que se cosecha este cultivo, es más alto y ha tratado de cubrir con mayor soltura los requisitos nutricionales del café. En el caso de la caña, es fácil observar también que la compensación nutricional mediante manejo es mucho más reducida y en algunos casos, especialmente para el K, completamente insuficiente. Esto significa que el rol que juega el suelo en el suplemento de nutrimentos especialmente durante el segundo año de crecimiento del ciclo es determinante y de ahí la tendencia al empobrecimiento de estos suelos con el cultivo continuo.

En el caso de los suelos cafetaleros, las mucho más fuertes aplicaciones anuales de nitrogenados principalmente a base de amoniacales y distribuidos en 3 aplicaciones de fórmulas completas que incluían sulfatos, explica fácilmente la tendencia a la acidificación en la banda de fertilización de este cultivo y justifica la necesidad constante de hacer la enmienda encalante (calcítica o dolomítica) correspondiente. Este proceso de acidificación no se presenta en los suelos cañeros porque en ellos, además de que la dosis que se

maneja es mucho menor, no se aplica todos los años, sino sólo durante los primeros 6 meses del ciclo del cultivo, dividida en dos, o sea que el suelo pasa tres cuartas partes del ciclo del cultivo sin recibir manejo alguno. Esto probablemente le da el tiempo suficiente de recomodar sus equilibrios en cuanto a N y a la acidez que su aplicación genera y por esta razón no se promueve el incremento de iones ácidos. Lo que sí ocurre en estos suelos cañeros es el empobrecimiento de bases, probablemente acentuado por la fuerte extracción, especialmente de K y P, que hace este cultivo por año.

Los buenos niveles de K y P en los suelos cafetaleros se ven claramente explicados por las dosis constantes aplicadas a este cultivo, y aunque comparándolas en forma anual no son mucho más elevadas que las que se aplican en caña, como la extracción que hace el café de estos elementos es mucho menor, se ha permitido su acúmulo gradual con el paso de los años. En el caso de caña las aplicaciones de K y P han sido mucho más erráticas a lo largo del tiempo e incluso en muchos períodos se omitió la aplicación de P. Por esta razón, no se observa acumulación alguna de estos elementos, sino por el contrario, en el caso del K, hay un síntoma claro de “bodega” vacía (factor capacidad muy disminuido), pues como se verá más adelante, aunque mediante el proceso de manejo por sitio específico durante los últimos 3 años se han incrementado las dosis de K, aún no es posible ver una mejoría mínima en los niveles disponibles del elemento en el suelo.

Manejo del encalado

Al implementar el manejo por sitio específico, el aspecto sobre el que se ha tenido más incidencia tanto en las áreas cafetaleras como en las cañeras, ha sido sobre el manejo del encalado, pues se ha estructurado un riguroso programa diferencial por lote.

En cada lote y año, la dosificación ha dependido de los resultados del análisis de suelos. En el caso del café, el cálculo de dosis se basó en la disminución del % de Saturación de Acidez hasta un nivel de 15%, y se escogió dolomita como fuente, siempre que el nivel de Mg fuera inferior a 0.6 cmol(+)/L o bien carbonato de calcio en los casos donde Mg no estuvo en condición limitante. Para caña, como en la mayoría de los casos el % de saturación de acidez no fue relevante, el encalado principalmente dolomítico se ha basado en los niveles absolutos de Mg y Ca. En el Cuadro 7 se presenta la evolución de los promedios (de todos los lotes muestreados) de las características químicas de los suelos cafetaleros y cañeros de la finca El Sitio, luego de ser incorporados al sistema de manejo por sitio específico.

Cuadro 7. Promedio de análisis de suelos por año, para los lotes de café y caña en la finca El Sitio, Juan Viñas.

Cultivo	Año	Número de lotes	pH	SA %	Acidez -----	CICE	Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
					-----	cmol(+)/L	-----	-----	-----	-----	-----	mg/L	-----	-----
						-						-		
Café	1997	20	4.6	29	3.1	11.62	7.15	0.75	0.62	50	18	219	17	2.8
	1998	18	4.7	33	1.9	5.62	3.02	0.70	0.31	25	14	232	9	2.2
	1999	21	4.9	17	1.1	7.76	5.13	1.00	0.53	25	15	175	17	4.2
	2000	21	5.1	11	0.7	8.39	5.81	1.27	0.61	31	16	162	9	6.6
	2001	22	5.1	19	1.0	7.13	4.70	0.99	0.49	33	15	202	7	4.2
Caña	1998	8	5.2	17	0.7	3.85	2.78	0.21	0.18	8	11	137	6	1.5
	2000	5	5.2	11	0.4	3.62	2.80	0.35	0.11	7	9	114	6	1.0
	1999	4	4.7	15	0.6	4.43	3.18	0.43	0.18	14	11	236	6	2.5
	2001	12	5.5	10	0.5	4.90	3.78	0.50	0.16	21	10	168	10	3.6

Como se puede observar, aún en términos promedio, la tendencia de los suelos cafetaleros a disminuir su acidez y a aumentar sus niveles de Mg, es clara. De igual manera, se observa el efecto especialmente sobre el Mg en las dos secuencias (de dos años) presentadas para los suelos cañeros.

Otra manera más directa de ver el efecto del manejo por sitio es evaluándolo en términos de frecuencia de lotes con problemas (Figura 3).

En la Figura 3 se presentan, en morado, el % de lotes cafetaleros que tenían problemas de acidez mayores a un 30% de Saturación de Acidez, en el año 98, y su disminución con el paso de los años, en respuesta a las enmiendas encalantes efectuadas. El incremento en el año 2001 responde a una disminución en la intensidad de la práctica de encalado en respuesta a factores económicos de la finca. Este mismo efecto, en una forma más gráfica, se puede apreciar en el Mapa 1.

Manejo de la fertilización

También, el programa de fertilización para cada cultivo se ha modificado año con año y ha conestado al menos de 2-3 opciones para cada cultivo, según las necesidades específicas de los lotes, de modo que además de una opción promedio basada en los requisitos nutricionales de cada cultivo (calculados a partir de sus extracciones y curvas de absorción), se han diseñado alternativas de refuerzo ante la presencia de problemas de P ó K, o de disminución según el nivel de producción esperado. Los resultados, expresados en cuadros y mapas, muestran el descenso de los problemas de acidez, Mg, P y Zn en café, y de K, Mg, Ca, P y Zn en caña, producto de las decisiones tomadas con base en la información acumulada y procesada.

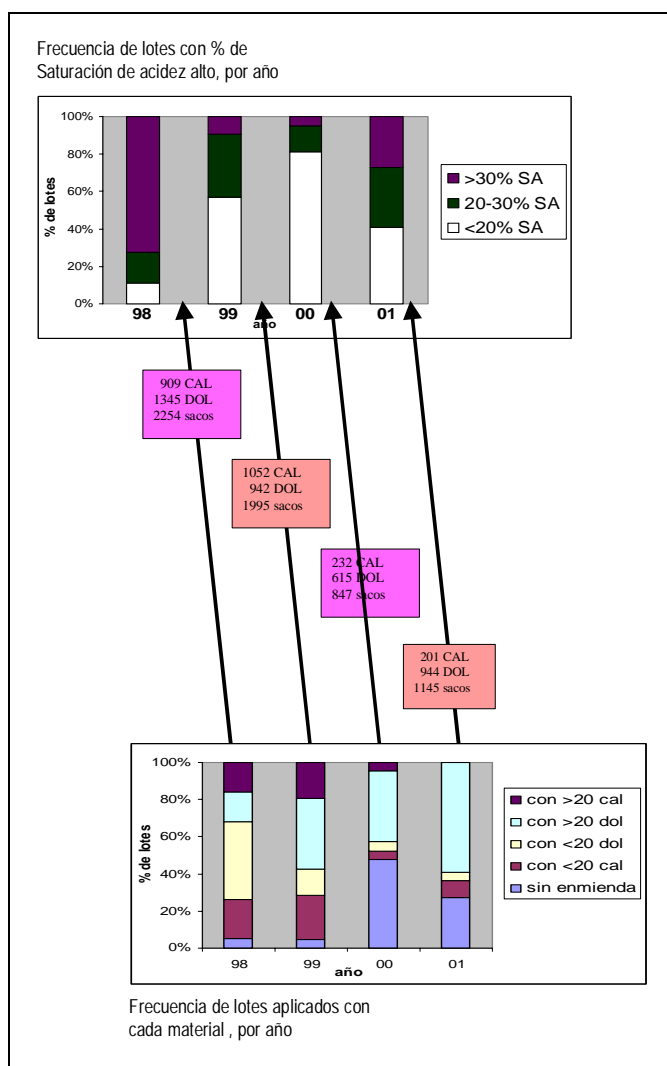
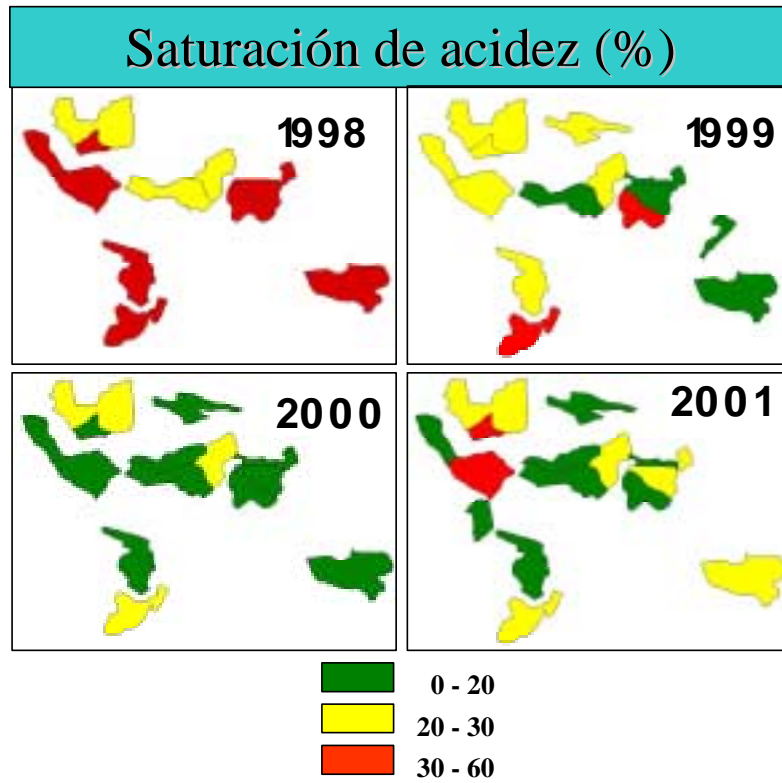
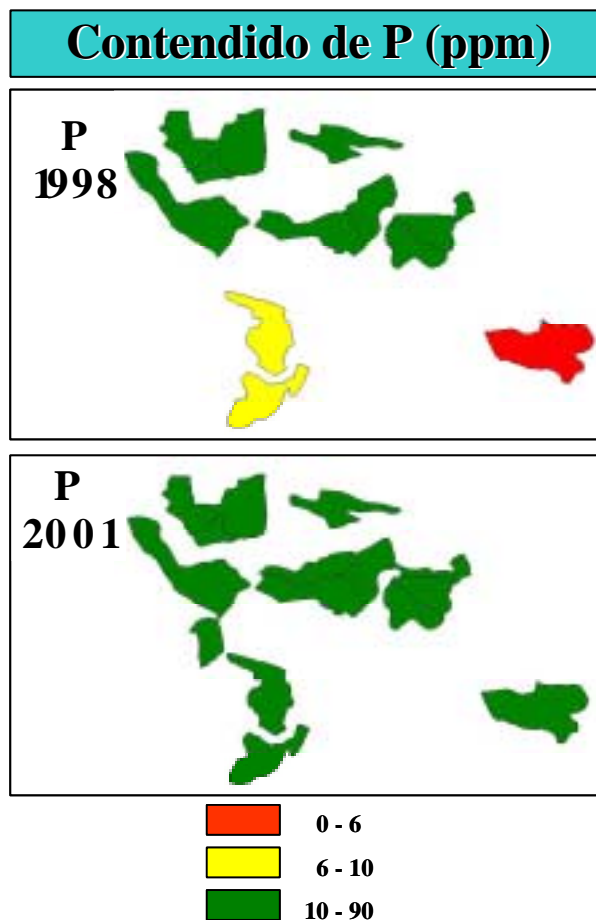


Figura 3. Frecuencia de lotes con problemas de saturación de acidez



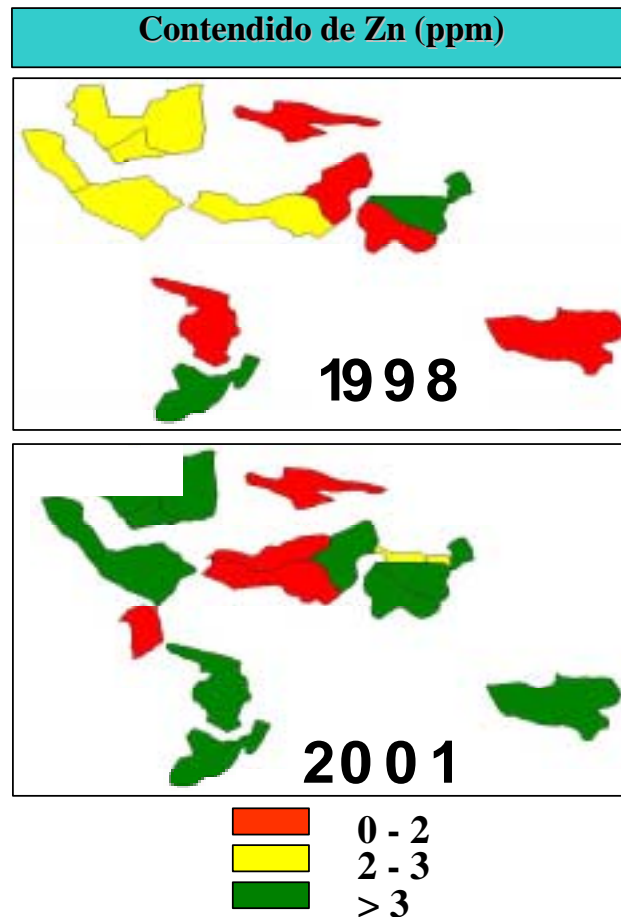
Mapa 1. Distribución de los problemas de saturación de acidez en los lotes de El Sitio, durante 4 años. El color rojo indica las áreas con más de 30% de Saturación de Acidez.



Mapa 2. Cambio en la distribución de las deficiencias de P entre los años 1998 y 2001 en los lotes de El Sitio.

Otras utilidades

Finalmente, se discuten otras decisiones importantes, como atención especial a áreas identificadas con problemas patológicos (“corchosis”, causada por la interacción *Meloidogyne arabicida* y *Fusarium*) exclusión de áreas de baja rentabilidad, y selección de sistemas de poda y cosecha, que han sido tomadas a partir de la base de datos generada.



Mapa 3. Cambio en la distribución de las deficiencias de Zn entre los años 1998 y 2001 en los lotes de El Sitio.

Bibliografía

Bertsch F, Ramírez R. 1999. La aplicación de los principios de la “Agricultura de Precisión” en el manejo nutricional de plantaciones comerciales ubicadas en relieves heterogéneos de zonas tropicales. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile. Resúmenes. P. 276.

NRC. 1997. Precision agriculture in the 21st century. Washington, USA, National Academy Press.

Rust R P, Larson R. 1996. Precision agriculture. Proceedings of the 3rd International Conference. Minnesota, USA, ASA-CSSA-SSSA.