

Nota Técnica

**DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE NUTRIMENTOS Y NEMATICIDA EN LAS AGUAS DE DRENAJE DE UN SUELO BANANERO<sup>1</sup>**

Albán Rosales \*  
Pascal Maebe \*\*  
Robert Sevenhuysen \*\*

**ABSTRACT**

**Determination of nutrients and nematicide losses in drainage water of a banana plantation.** Losses of nutrients and of the nematicide ethoprop (Mocap) in drainage water were quantified during 2 months in "Los Diamantes" banana plantation at Guápiles. The measured concentrations of  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  and  $NO_3^-$  in the drains are relatively constant in time. The total losses of these elements were 111, 368, 123 and 29 kg/ha/year, and the losses are linearly proportional to the water discharge. As for N, which is most indicative of the loss of fertilizer, about 26% of the amount applied on the plantation was lost under the form of nitrate into drainage water. The observed losses of the nematicide Mocap were small. For a better estimation of the total annual losses more observations are necessary, especially under different climatological conditions.

**INTRODUCCION**

Después de la revolución verde de la década de los sesentas, producto del mejoramiento genético se dio un gran aumento en la capacidad de producción de ciertos cultivos; sin embargo, esta capacidad estuvo condicionada al uso de una mayor cantidad de insumos. Desde esa época y el uso de fertilizantes y demás agroquímicos ha venido en aumento, hasta llegar en algunos casos a situaciones extremas. Las pérdidas por lixiviación y arrastre de nutrientes y biocidas es un problema de interés actual que se manifiesta, en gran medida, en aquellos cultivos perennes de una alta productividad como es el caso del banano.

Según López *et al.* (1985), la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados y potásicos se estima en promedio en un 50%, dependiendo de la fórmula del fertilizante, del tipo de suelo, del sistema radical y del clima; el porcentaje restante se pierde por lixiviación, arrastre superficial, fijación y volatilización. Según Augura (1983), citado por Soto (1985), para producir 2500 cajas de banano/ha/año, se necesitan aproximadamente 430 kg/ha/año de N y 490 kg/ha/año de K. Si se toma en cuenta la eficiencia de la aplicación, fácilmente se puede predecir que las pérdidas de nutrientes a través del tiempo son elevadas. Más importante aún es el hecho de conocer si estas pérdidas se están acumulando en algún sitio, y si esto podría afectar de alguna manera al medio.

Las pérdidas de nutrientes en kg/ha/año estimados a través del uso de lisímetros, en un Ultisol de la Costa de Marfil cultivado con banano son las siguientes: N= 235, P= 1.2, K= 24, Ca= 256 y Mg= 113. Por otro lado, González (1989) midió durante 39 semanas las pérdidas de

1/ Recibido para publicación el 26 de noviembre de 1992.

\* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Agencia de Extensión. Siquirres, Limón, Costa Rica.

\*\* Convenio CATIE/UAW/MAG. Costa Rica.

elementos en kg/ha en las aguas de drenaje subterráneo, en un suelo franco arcilloso de Siquirres, provincia de Limón, encontrando que las mismas fueron de: N= 39, K= 33, Ca= 842 y Mg= 354.

En los últimos años no sólo la investigación sobre el lavado de nutrimentos ha venido en aumento, sino también ha crecido el interés sobre el lavado de algunos pesticidas, como es el caso de los nematicidas, que también son de uso frecuente en la actividad bananera.

El objetivo de este estudio fue la cuantificación de las pérdidas de nutrimentos y nematicida en las aguas de drenaje de un suelo bananero enmarcados dentro de las actividades del Programa Zona Atlántica bajo el Convenio CATIE/UAW/MAG.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la finca bananera de la Estación Experimental "Los Diamantes", del Ministerio de Agricultura y Ganadería, localizada en el cantón de Pococí, Limón. Las observaciones comprendieron un período de 2 meses, de octubre a noviembre de 1991.

El área escogida fue aquella que presentó un buen sistema de canales de drenaje. El suelo es un Typic Hapludands, de textura liviana y con una alta capacidad de infiltración de agua. Inicialmente, para observar la variación a través del tiempo y del espacio de los diferentes nutrimentos, se tomaron muestras de agua en diferentes puntos. De los resultados, obtenidos de estas observaciones preliminares, más un rastreo riguroso de la plantación, fueron seleccionados 2 puntos básicos de observación, uno de ellos ubicado al inicio de un sistema de drenaje y el otro al final. En el punto inicial se midieron las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y ethoprop (Mocap), mientras que en el punto final se midieron las mismas variables y además se midió el caudal.

Para poder relacionar las pérdidas de nutrimentos en el agua de drenaje con los nutrimentos aplicados a través de la fertilización, fue necesario calcular el área exacta de drenaje, para lo cual se realizó un estudio topográfico.

Los datos diarios de precipitación fueron obtenidos de la Estación Meteorológica ubicada en la Estación Experimental "Los Diamantes".

Las muestras de agua fueron analizadas en los siguientes laboratorios: Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Laboratorio Químico de Suelos y Foliar de CORBANA

(La Rita, Guápiles), Laboratorio del Centro de Investigación de Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica y el Laboratorio del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) en Tres Ríos de Cartago.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Pérdidas de nutrimentos

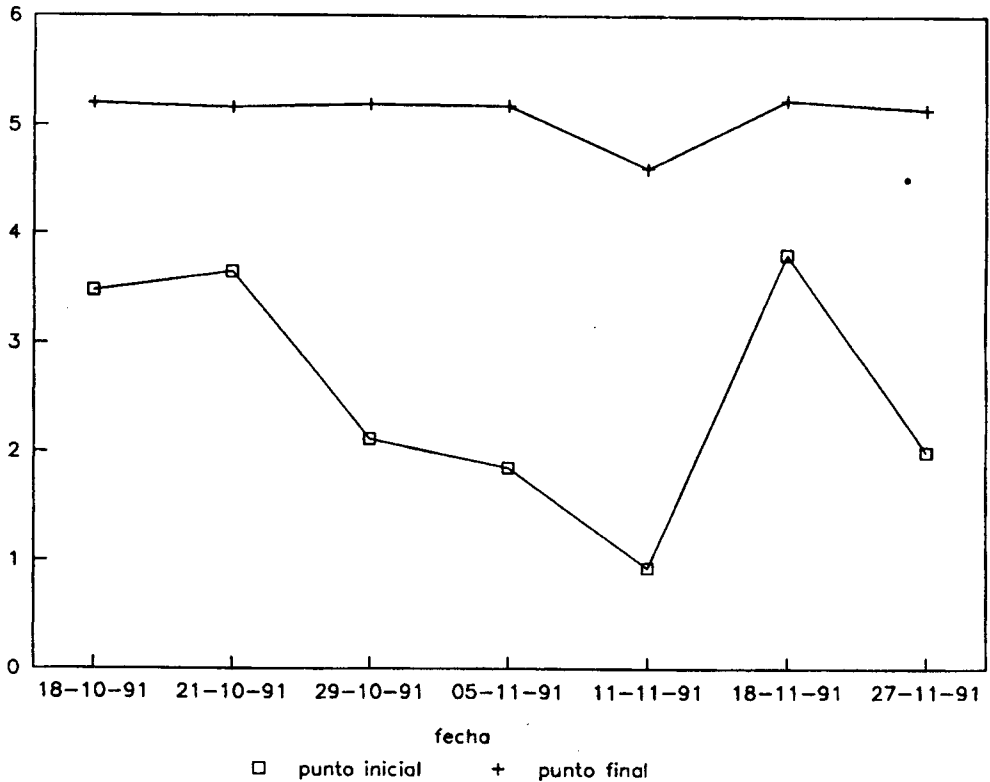
En el Cuadro 1 se puede ver que las concentraciones de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$  en las aguas de drenaje fueron relativamente constantes durante el período de observación, especialmente en el punto final, sin embargo, el caudal mostró fuertes variaciones. Las fluctuaciones en el valor de pH fueron mínimas y la conductividad eléctrica aumentó, indicando que la concentración de algunos iones que no fueron medidos pudieron causar dicho aumento. Cuando se comparan las concentraciones de los puntos inicial y final, se puede observar que las concentraciones de  $\text{K}^+$ , y especialmente las de  $\text{NO}_3^-$  (Figura 1) son más altas en el punto final. Este resultado se deriva de la aplicación de fertilizantes en la plantación. El hecho de que en el punto inicial se detecte alguna concentración de  $\text{NO}_3^-$ , indica que este punto también está parcialmente afectado por la aplicación de fertilizantes.

Las pérdidas totales para el punto final, calculadas con los datos del Cuadro 1, se presentan en el Cuadro 2. Como las variaciones relativas de las caudales son mayores que las variaciones en las concentraciones de los elementos, es obvio que existe una relación lineal entre las pérdidas totales y el caudal. Como ejemplo, esta relación se presenta para  $\text{NO}_3^-$  en la Figura 2.

Las concentraciones medidas durante las observaciones preliminares fueron muy similares a las presentadas en el Cuadro 1. A partir de estas consideraciones, se ha concluido que puede ser posible estimar las pérdidas totales de los elementos observados para los 4 meses más húmedos del año de estudio (agosto 91-noviembre 91), utilizando la relación lineal entre el caudal y la pérdida, si el promedio del caudal para ese período es conocido. Para estimar este valor, se estableció una relación lineal entre el caudal y la precipitación diaria observada 7 días antes de la medición del caudal. Con esta relación y los datos de precipitación del período de observación se estimó que el valor promedio del caudal para este período fue de 2690  $\text{m}^3/\text{día}$ . El valor promedio de precipitación diaria

Cuadro 1. Concentraciones de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NO_3^-$ , pH y conductividad eléctrica (CE) y caudal (Q) medidas en el punto inicial y final del canal de drenaje.

Fecha	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	$NO_3^-$ (ppm)	pH	CE ( $\mu S/cm$ )	Q ( $m^3/d$ )
<b>Punto Inicial</b>							
18-10-91	2,68	13,72	4,94	3,48	6,91	550	—
21-10-91	2,96	11,65	4,47	3,65	6,88	860	—
29-10-91	2,18	13,06	5,10	2,11	6,90	900	—
05-11-91	2,92	15,86	4,50	1,85	7,90	50	—
11-11-91	3,92	16,83	4,79	0,93	7,85	1000	—
18-11-91	2,60	17,93	4,43	3,81	7,39	1600	—
27-11-91	2,80	10,00	4,29	2,00	6,38	1600	—
<b>Punto Final</b>							
18-10-91	3,85	11,81	5,89	5,20	7,05	950	635
21-10-91	3,76	10,57	5,79	5,16	6,99	700	305
29-10-91	4,44	11,36	6,13	5,19	6,70	550	435
05-11-91	4,64	14,42	5,07	5,18	7,84	980	3110
11-11-91	4,56	13,87	4,86	4,60	7,75	960	4080
18-11-91	4,64	14,61	4,93	5,23	6,91	1700	960
27-11-91	4,34	15,50	4,64	5,15	7,16	1550	10630

Fig. 1. Concentración de  $NO_3^-$  en los puntos inicial y final.

Cuadro 2. Pérdidas totales de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NO_3^-$  en el punto final calculadas con los datos del Cuadro 1.

Fecha	K (kg/d)	Ca (kg/d)	Mg (kg/d)	$NO_3^-$ (kg/d)
18-10-91	2,44	7,48	3,73	3,29
21-10-91	1,15	3,23	1,77	1,58
29-10-91	1,93	4,93	2,66	2,25
05-11-91	14,43	44,79	15,77	16,11
11-11-91	18,61	56,31	19,83	18,77
18-11-91	4,45	14,00	4,73	5,02
27-11-91	46,12	164,72	49,31	54,73
promedio	12,73	42,21	13,97	14,54

para el mismo período fue de 15,5 mm. Finalmente, las pérdidas diarias de los elementos calculadas de esta manera fueron:

- $K^+$ : 11,9 kg/día
- $Ca^{2+}$ : 39,2 kg/día
- $Mg^{2+}$ : 13,1 kg/día
- $NO_3^-$ : 13,6 kg/día

Estos valores, que son estimaciones para el período total de 4 meses, son parecidos a los

valores promedios presentados en el Cuadro 2, lo que indica que el período de observación de los caudales (18/10/91 al 27/11/91) fue representativo.

Para comparar las pérdidas de los elementos con las cantidades de fertilizante aplicadas durante el período de observación, se estimó que el área de drenaje localizada dentro de la plantación fue de 13 ha. Las cantidades de fertilizante y cal (expresado como elementos) aplicadas sobre esa área durante 2 meses se presentan en el Cuadro 3. En el mismo cuadro, se presentan las cantidades totales de elementos perdidos de esa área en los aguas de drenaje para ese mismo período. Para el N, se concluye que el 26% de la cantidad aplicada se perdió en forma de  $NO_3^-$  en las aguas de drenaje. Para el  $K^+$ , y especialmente para el  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , estos porcentajes son mucho más grandes, debido a que una cantidad importante de esos elementos proviene del suelo y no del fertilizante o la cal. Esto explica también las altas concentraciones de esos elementos medidos en el punto inicial del drenaje.

En el caso de que el área de drenaje esté situada completamente dentro de la plantación, y el punto inicial de medición no esté afectado por la aplicación del fertilizante (denotando que las concentraciones medidas aquí podrían ser una indicación de la calidad del agua subterránea en la

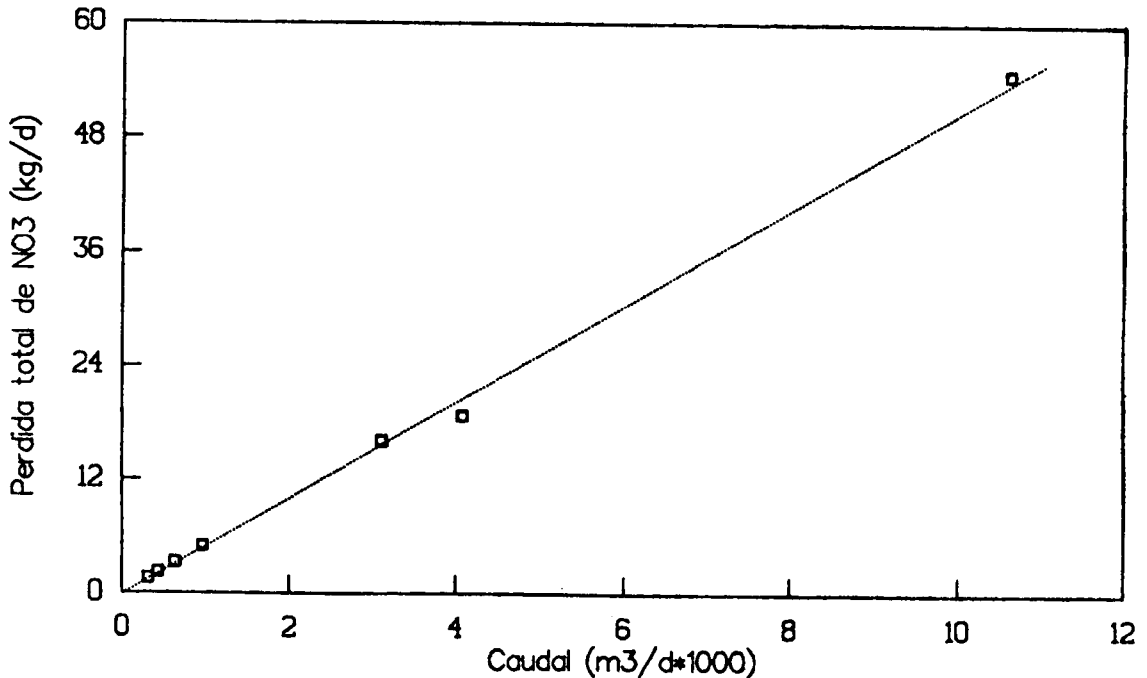


Fig. 2. Pérdidas de  $NO_3^-$  en el punto final en relación con el caudal.

Cuadro 3. Comparación de las cantidades totales de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NO_3^-$  aplicadas como fertilizantes contra las cantidades pérdidas.

	AP (kg/ha)	PT (kg/ha)	% P
K	237	111	47
Ca	192	368	192
Mg	55	123	224
N	111	29	26

AP: cantidad de aplicación de los elementos durante el período de observación (2 meses).

PT: pérdidas totales estimadas en el punto final para el período de observación.

% P: las mismas pérdidas expresadas como un porcentaje de aplicación.

plantación cuando ésta no sea fertilizada), podría ser posible estimar, aproximadamente, las pérdidas de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , y  $Mg^{2+}$  originadas a partir del fertilizante. Para esto, primero se debería calcular la diferencia en concentración entre el punto final y el punto inicial, y multiplicar ese valor por el caudal. En este caso, sin embargo, no se dieron las condiciones para poder hacer este cálculo; solamente el N puede ser usado para estimar las pérdidas del fertilizante, ya que el N proviene básicamente del fertilizante. Finalmente, se debe resaltar que las cantidades y el tipo de fertilizantes aplicados en esta plantación son representativos de la mayoría de las fincas en la Zona Atlántica.

Al observar las concentraciones de elementos encontrados en las muestras de agua (Cuadro 1), y compararlas con las normas de calidad de agua para uso casero, se puede decir que las mismas están por debajo de los valores máximos permitidos. La Organización Mundial de la Salud (Anónimo, 1981) propone como límites máximos para  $Ca^{2+}$  40 ppm, para  $Mg^{2+}$  30 ppm y para  $NO_3^-$  25 ppm. Para  $K^+$ , la Comunidad Económica Europea propone un límite máximo de 12 ppm. En vista de que no se tomaron en cuenta otros parámetros importantes, como son el bacteriológico y el físico-químico, lo anterior no significa de ninguna manera que esta agua es potable.

### Pérdidas de nematicidas

La segunda parte de este estudio consistió en la determinación de las pérdidas de nematicidas en las mismas aguas de drenaje. Para ello, concentraciones de ethoprop, que es el ingrediente activo del nematicida Mocap, fueron medidas tanto en el

punto inicial como en el punto final de la plantación, durante los 6 días siguientes a la aplicación. Los resultados se presentan en el Cuadro 4; también aparecen los datos de caudales observados, así como las pérdidas calculadas. La concentración más alta, que se presentó el primer día, puede deberse a que algunas pequeñas cantidades del nematicida se depositaron directamente en el fondo de los canales durante la aplicación del mismo. También, un fenómeno natural, como la absorción del nematicida por la materia orgánica del suelo, puede ser una explicación de la fuerte disminución en la concentración después del primer día.

Cuadro 4. Concentración en ppb (partes por billón) de ethoprop (Eth) en los puntos inicial y final, pérdida de ethoprop y caudal (Q) en el punto final.

Fecha	Punto inicial Eth (ppb)	Punto final Eth (ppb)	Eth (kg/d)	Q (m <sup>3</sup> /d)
13-11-91	27,0	6,0	0,0537	8950
14-11-91	1,8	0,12	0,0006	5185
15-11-91	0,60	0,98	0,0032	3250
16-11-91	1,5	0,67	0,0010	1555
17-11-91	1,7	0,37	0,0004	1210
18-11-91	1,9	0,23	0,0002	960

Las pérdidas observadas de ethoprop (0,059 kg durante 6 días), son muy pequeñas comparados con la cantidad de ethoprop aplicada en el área (47,2 kg). Debe aclararse en este punto que, en ese período de observación la precipitación fue nula y de alguna forma esto pudo haber contribuido a que las pérdidas medidas hayan sido tan pequeñas. Los grandes caudales medidos durante este período se deben a que existía un gran caudal de agua subterránea, que es el resultado de una alta precipitación justamente antes del período de observación.

### Algunas recomendaciones para futuros trabajos

Aunque parezca obvio, se debe enfatizar que la selección del área de estudio es de suma importancia. En el punto final se debe poder medir el caudal y en el punto inicial, la calidad del agua debe estar lo menos influenciada posible por las aplicaciones de los fertilizantes y pesticidas. La determinación exacto del área de drenaje es importante para relacionar las pérdidas con el fertilizante aplicado. Debido a la alta infiltración de los

suelos de esta zona, la mayoría del caudal medido proviene del drenaje subterráneo. Esto significa que la posición del nivel freático debe ser conocida para determinar más exactamente el área de drenaje. Finalmente una evaluación del balance hidrológico puede también ayudar estimar esta área. Es preferible que el área de drenaje esté localizada totalmente dentro de la plantación.

No todos los elementos lixiviados provienen del fertilizante, algunos provienen del mismo suelo. Para calcular las cantidades que realmente provienen del fertilizante, se deben utilizar técnicas con elementos marcados. Para hacer una estimación aproximada pueden usarse las concentraciones medidas en el punto inicial cuando éstas no estén afectados por el fertilizante.

Para hacer una buena estimación de las pérdidas anuales, las observaciones deben ser ubicadas en 3 períodos, en el período seco, al inicio del período húmedo y en el medio del mismo período húmedo, porque esos 3 períodos pueden presentar un comportamiento muy diferente en relación con las pérdidas. El presente estudio se realizó durante el período húmedo. Para poder realizar una buena estimación de los efectos de la lixiviación y arrastre de nutrientes en las plantaciones de banano en toda la Zona Atlántica, se deben realizar más estudios similares con diferentes tipos de suelo.

La rápida variación en las concentraciones de ethoprop de un día para otro en las aguas de drenaje, indican que las mediciones se deben realizar con mayor frecuencia para poder hacer cálculos más precisos de las pérdidas totales. Un factor limitante aquí, es que el costo de los análisis es muy alto. El análisis de las muestras de agua en el punto inicial no es estrictamente necesario, ya que la presencia del nematicida en las aguas de drenaje es producto de la aplicación *in situ*. Para hacer una buena estimación de las posibles pérdidas, el estudio debe ser repetido, especialmente bajo diferentes condiciones agroclimáticas.

## RESUMEN

Las pérdidas de nutrientes y del nematicida Mocap en las aguas de drenaje fueron observadas durante 2 meses en la finca bananera de la Estación Experimental "Los Diamantes", Guápiles. Las concentraciones medidas de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $NO_3^-$  son relativamente constantes en el tiempo. Las pérdidas totales de estos elementos fueron de 111, 368, 123 y 29 kg/ha, respectivamente, y están en proporción lineal con el caudal en el canal de drenaje. Para N, que indica mayormente la pérdida de fertilizante, cerca de un 26% de la cantidad aplicada en la plantación se perdió en forma de nitrato en las aguas de drenaje. Las pérdidas observadas del nematicida Mocap fueron pequeñas. Para una mejor estimación de las pérdidas anuales son necesarias más observaciones, especialmente bajo diferentes condiciones climatológicas.

## LITERATURA CITADA

- ANONIMO. 1981. Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics. Amsterdam, Holland. Elsevier.
- GONZALEZ, L. 1989. Determinación de las pérdidas de aniones y cationes en el agua de drenaje subterráneo en un suelo bananero. Tesis, Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. San José, Costa Rica. 127 p.
- LOPEZ, M. *et al.* 1985. Frijol: Investigación y Producción. Colombia. PNUD, CIAT.
- SANCHEZ, A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York. Wiley-Interscience publication.
- SOTO, M. 1985. Bananos; cultivo y comercialización. San José, Costa Rica. LIL. 627 p.
- VON DÜSZELN, J. 1991. Pesticide contamination and pesticide control in developing countries: Costa Rica, Central America. In Richardson M.L. (ed.) Chemistry, agriculture and the environment. The Royal Soc Ch. Press.