

Relations entre les populations des nématodes *Meloidogyne exigua* et *Pratylenchus* sp., dans les racines de *Coffea arabica* au Costa Rica

Bertrand B.¹, Cilas C.², Hervé G.², Anthony F.³,
Etienne H.¹, Villain L.²

¹ CIRAD-CP/PROMECAFE, IICA, Ap 37, 2200 Coronado, San José, Costa Rica

² CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

³ ORSTOM/CATIE, Turrialba, Ap 59, Costa Rica

En milieu tropical, plusieurs espèces appartenant à différents genres sont généralement associées dans les infestations des racines par les nématodes (Luc et Reversat, 1985). En Amérique centrale, les nématodes du caféier les plus fréquents sont *Meloidogyne* spp. (endoparasite sédentaire) et *Pratylenchus* spp. (endoparasite migrateur). Les populations de ces deux pathogènes sont très souvent en mélange dans les caféières du Costa Rica.

Sur les 90 échantillons provenant de la région de notre étude (plateau central du Costa Rica), 71 % présentent simultanément les deux genres. Selon López et Salazar (1989) et Hernández *et al.* (1995), l'espèce de *Meloidogyne* dominante au Costa Rica est *M. exigua*. Hernández a confirmé l'appartenance de la population de la présente étude à cette espèce. En ce qui concerne la population de *Pratylenchus*, aucune détermination n'a encore été

publiée. La résistance génétique est une alternative importante pour lutter contre les nématodes (Bernhard *et al.*, 1985) et, en particulier, contre *M. exigua*. La présence fréquente de gènes de résistance à *M. exigua* chez les Catimor (issus de l'Hybride de Timor, hybride interspécifique naturel *Coffea arabica* x *C. canephora*) rend possible la sélection de variétés résistantes (Bertrand *et al.*, 1997). Des différences de production, de l'ordre de 9 %, ont été observées entre des variétés sensibles et des variétés résistantes dans une parcelle très fortement infestée par *M. exigua* (Aguilar *et al.*, 1997 ; Bertrand *et al.*, 1997), ce qui confirme l'intérêt de la résistance génétique en tant que composante d'une lutte intégrée contre *M. exigua*.

Au Guatemala, les infestations de *Pratylenchus* provoquent d'importantes pertes de production (Anzueto, 1993 ; Villain *et al.*, 1996). Dans la région de notre étude, les populations de *Pratylenchus* spp. occa-

Résumé

Les caféières du Costa Rica sont fréquemment infestées simultanément par *Meloidogyne exigua* et par *Pratylenchus* sp. Des échantillonnages de racines ont été réalisés, sur trois parcelles de caféiers infestées par les deux nématodes. On observe une meilleure colonisation des racines par *M. exigua* qui semble se traduire par une distribution très agrégative pour *Pratylenchus* et beaucoup moins pour *M. exigua*. Les forts effectifs de *Pratylenchus* sont liés aux faibles effectifs de *Meloidogyne* et inversement. Une relation de concurrence pour le parasitisme des racines de caféiers semble exister entre les deux espèces. L'utilisation d'une variété résistante réduit considérablement le nombre de *M. exigua* mais augmente significativement le nombre de *Pratylenchus*. La compétition entre les deux espèces en faveur de *M. exigua* est ainsi confirmée. La diffusion de matériel végétal uniquement résistant à *M. exigua* comporte le risque de favoriser le développement des *Pratylenchus*.

Resumen

Los cafetales de Costa Rica son frecuentemente infestados simultáneamente por *Meloidogyne exigua* y por *Pratylenchus* sp. Se realizaron muestreos de raíces, en tres parcelas de cafetos infestados por ambos nematodos. Se observa una mejor colonización de las raíces por *M. exigua* que parece traducirse por una distribución muy agregativa para *Pratylenchus* y mucho menos para *M. exigua*. Los cuantiosos efectivos de *Pratylenchus* están relacionados con los bajos efectivos de *Meloidogyne* e inversamente. Una relación de competencia para el parasitismo de las raíces de cafetos parece existir entre ambas especies. El uso de una variedad resistente reduce considerablemente el número de *M. exigua* pero aumenta significativamente el número de *Pratylenchus*. Asimismo, se confirma la competencia entre ambas especies a favor de *M. exigua*. La difusión de material vegetal únicamente resistente a *M. exigua* incluye el riesgo de favorecer el desarrollo de los *Pratylenchus*.

Abstract

Coffee trees in Costa Rica are frequently simultaneously infested by *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus* sp. Root samples were taken from three coffee plots infested by the two nematodes. Root colonization by *M. exigua* was seen to be better, apparently reflected in the highly aggregative distribution of *Pratylenchus* and much less so for *M. exigua*. Large numbers of *Pratylenchus* were linked to small numbers of *Meloidogyne* and vice versa. There seemed to be competition between the two species to parasitize coffee tree roots. Using a resistant variety substantially reduced the number of *M. exigua*, but significantly increased the number of *Pratylenchus*. Competition between the two species in favour of *M. exigua* was also confirmed. Distributing planting material resistant to *M. exigua* alone risks favouring *Pratylenchus* development.

sionnent des dégâts beaucoup plus faibles. Chez *C. arabica* on ne connaît encore aucune source de résistance vis-à-vis de ce parasite (Anzueto, 1993 ; Kumar, 1979).

Dans les cas d'infestations multiples, il est fréquent de constater des compétitions entre genres qui se traduisent par la limitation de l'une ou l'autre population (Eisenback, 1985). L'introduction, dans un tel équilibre, d'une variété résistante à l'un des parasites peut provoquer une modification des équilibres hôtes-parasites préexistants, ce qui aboutit parfois au développement d'espèces maintenues jusqu'alors au-dessous du seuil de nuisance par la compétition exercée par l'espèce éliminée par la résistance (Bernhard *et al.*, 1985). La présente étude vise à vérifier l'hypothèse d'une compétition entre *Pratylenchus* sp. (photo 1) et *M. exigua* (photo 2) pour leur développement dans les racines de caféiers, et si l'utilisation de variétés résistantes à *M. exigua* peut entraîner un accroissement des populations de *Pratylenchus*.



Photo 1.
Pratylenchus sp. isolé de racines de caféiers.
Pratylenchus sp. aislado de raíces de cafetos.

Photo 2. Femelle de *Meloidogyne exigua* (Me) avec sa masse d'œufs (m) sur son site nutritionnel avec cellules géantes (C). / Hembra de *Meloidogyne exigua* (Me) con su masa de huevos (m) sobre su sitio nutricional con células gigantes (C).



Nelly Vasquez

Benoit Bertrand

Matériels et méthodes

L'étude se déroule à la station expérimentale de l'Instituto del café de Costa Rica (Icafé) (San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica) sur un Andosol caractéristique du plateau central du Costa Rica, à une altitude de 1 100 m. La culture est conduite sans ombrage à une densité de 6 300 plantes par hectare. Les plantes reçoivent 1 000 kg/ha/an d'engrais complet (18-3-10-8) en deux applications et une application de 250 kg/ha/an de nitromagnésium.

Les échantillons sont constitués de racines secondaires et tertiaires faiblement lignifiées, prélevées sur une épaisseur de 10-15 cm à 10-20 cm au-dessous du collet. Les nématodes provenant d'aliquotes de 10 g de racines sont extraits en chambre

de brumisation (Southey, 1986). Les stades juvéniles récupérés dans un volume d'eau de 30 à 200 ml sont dénombrés sur un aliquote de 4 ml. Les effectifs dénombrés des diverses populations sont exprimés par gramme de racine.

Comparaison des distributions des populations de *M. exigua* et *Pratylenchus* sp. dans une parcelle plantée avec une variété sensible à *M. exigua*, parcelle 1

La parcelle choisie pour cette étude est plane et d'une superficie de 2 500 m². Elle est plantée avec une variété sensible à *M. exigua* (Costa Rica 95). Chaque semaine, pendant quatre mois, 20 arbres ont été échantillonnés de façon aléatoire. Après une estimation des paramètres statistiques relatifs aux distributions observées, des ajustements à des lois discrètes sont testés. Les relations entre les deux espèces sont étudiées par le biais de graphiques, de corrélations linéaires et d'analyses de correspondances pour mettre en évidence d'éventuelles relations non linéaires entre les deux espèces considérées.

Comparaison des distributions de *M. exigua* et *Pratylenchus* sp. dans une parcelle plantée avec des lignées sensibles et résistantes aléatoirement réparties, parcelle 2

La parcelle étudiée, âgée de 8 ans, est plantée avec la variété Colombia. Cette variété est composée de plusieurs génotypes mélangés mécaniquement lors de la diffusion auprès des utilisateurs. Dans cet essai, la parcelle a été plantée dans l'objectif d'étudier individuellement 17 génotypes et 3 témoins (Caturra, Catuai et Villa Sarchi). Le dispositif expérimental est constitué de quatre blocs dans lesquels dix arbres par génotype ont été plantés en randomisation. Une étude antérieure a permis de vérifier que les génotypes composant la variété ont des réponses bien différenciées pour plusieurs caractéristiques agronomiques, dont la réaction à *M. exigua* (Bertrand *et al.*, 1997). Par ailleurs, les trois témoins sont sensibles à ce nématode. La distribution randomisée des génotypes résistants ou sensibles au champ permet de constituer des sous-ensembles (exemple pour le bloc 1, tableau 1). Ces sous-ensembles, constitués par la succession aléatoire de génotypes résistants ou sensibles, sont étudiés. Dans chacun de ces sous-ensembles on prélève un échantillon de racine sur environ dix caféiers. Les prélèvements ont été faits à trois dates différentes. En tout, 52 échan-

tillons sont prélevés sur des sous-ensembles formés de génotypes sensibles et 69 prélevés sur des sous-ensembles formés de génotypes résistants. On compare les quantités de *Pratylenchus* extraits des sensibles et des résistants par une analyse de variance après transformation logarithmique.

Comparaison des distributions de *M. exigua* et *Pratylenchus* sp. dans une parcelle plantée avec une variété sensible et une variété résistante, parcelle 3

Dans une parcelle, deux blocs de 200 arbres, disposés en lignes de dix arbres, ont été plantés. Un bloc est planté avec la variété sensible Costa Rica 95, l'autre avec la variété résistante Iapar 59. Quand les arbres ont 18 mois, on prélève,

pour chaque variété, 11 échantillons de racines, correspondant chacun aux prélèvements effectués sur dix caféiers. Le parasitisme par les deux espèces de nématodes est comparé entre les deux variétés par une analyse de variance après transformation des données par $\log(x + 1)$.

Résultats

Distribution des nématodes dans la parcelle 1

La distribution observée pour *Pratylenchus* est très dissymétrique et les classes à faibles effectifs sont fortement représentées (figure 1). De plus, cette distribution est caractérisée par une variance très supérieure à sa moyenne, ce qui caractérise des

distributions agrégatives (tableau 2). Un ajustement à une loi binomiale négative est donc réalisé selon la formulation de Anscombe (1950) qui permet d'estimer les paramètres dans l'ensemble des réels (\mathcal{R}).

La distribution du nombre de *Pratylenchus* s'ajuste bien à une loi binomiale négative (avec $k = 0,512$; test χ^2 d'ajustement accepté à 80,4 %), comme cela avait déjà été observé au Guatemala (Cilas *et al.*, 1993).

Bien que la distribution de la population de *Meloidogyne* présente également une certaine agrégation (figure 2), le test d'ajustement à une loi binomiale négative est rejeté par le test du χ^2 (à la limite de la signification, $p = 4,84$ %). La valeur du paramètre k estimé indique que la distribution de ce nématode est beaucoup moins agrégative ($k = 1,576$). La répartition spatiale de *M. exigua* est donc plus homogène que celle de *Pratylenchus*.

Le graphique xy (figure 3), mettant en relation les niveaux de population de *Pratylenchus* sp. et de *Meloidogyne exigua*, établi à partir de 327 prélèvements, fait apparaître une relation négative non linéaire entre les niveaux de population de ces deux espèces ($r^2 = 0,052$). Une analyse factorielle des correspondances (Afc) est réalisée pour caractériser la liaison entre les deux populations. Les 327 individus sont répartis en trois classes d'effectifs égaux pour chacune des deux espèces considérées. La figure 4 montre que les forts effectifs de *Pratylenchus* sont liés aux faibles effectifs de *Meloidogyne* et inversement. Une relation de concurrence entre les deux espèces semble donc intervenir dans la colonisation des racines de caféiers par les nématodes.

Impact des variétés résistantes sur les populations de *M. exigua* et de *Pratylenchus*

Cas de la parcelle 2

Les génotypes résistants présentent très peu de *Meloidogyne* (une vingtaine de stade juvénile par gramme) alors que la densité moyenne d'infestation pour les génotypes sensibles est supérieure à 1 700 (tableau 3). En revanche, les *Pratylenchus* sont plus abondants dans les racines des génotypes résistants à *M. exigua* (environ 350 nématodes par gramme) que dans les racines des génotypes sensibles (environ 200 nématodes par gramme). Après transformation logarithmique, les données présentent un coefficient de variation infé-

Tableau 1. Distribution des génotypes sensibles et résistants et des témoins sensibles (Caturra, Catuai) sur le bloc 1 de la parcelle 2. / *Distribución de los genotipos sensibles y resistentes y de los testigos sensibles (Caturra, Catuai) en el bloque 1 de la parcela 2.*

Nom de la lignée Nombre de la línea	Réaction vis-à-vis de <i>Reacción frente a M. exigua</i>	Formation de sous-ensembles pour l'échantillonnage (*) <i>Formación de subconjuntos para el muestreo (*)</i>
T17926	résistant <i>resistente</i>	sous-ensemble 1 = 10 arbres, tous échantillonnés <i>subconjunto 1 = 10 árboles, todos muestreados</i>
T17931	sensible	sous-ensemble 2 = 20 arbres dont 10 échantillonnés
T17927	sensible	<i>subconjunto 2 = 20 árboles de los cuales 10 muestreados</i>
T17932	résistant <i>resistente</i>	sous-ensemble 3 = 20 arbres dont 10 échantillonnés
T17925	résistant <i>resistente</i>	<i>subconjunto 3 = 20 árboles de los cuales 10 muestreados</i>
T17934	sensible	sous-ensemble 4 = 20 arbres dont 10 échantillonnés
T17936	sensible	<i>subconjunto 4 = 20 árboles de los cuales 10 muestreados</i>
T17924	résistant <i>resistente</i>	sous-ensemble 5 = 40 arbres dont 10 échantillonnés
T17940	résistant <i>resistente</i>	<i>subconjunto 5 = 40 árboles de los cuales 10 muestreados</i>
T17933	résistant <i>resistente</i>	
T17935	résistant <i>resistente</i>	
Caturra	sensible	sous-ensemble 6 = 10 arbres tous échantillonnés
T17937	résistant <i>resistente</i>	<i>subconjunto 6 = 10 árboles todos muestreados</i>
Villa Sarchi	sensible	sous-ensemble 7 = 10 arbres tous échantillonnés
T17929	sensible	<i>subconjunto 7 = 10 árboles todos muestreados</i>
T17928	sensible	
T17938	résistant <i>resistente</i>	sous-ensemble 8 = 30 arbres dont 10 échantillonnés
T17930	résistant <i>resistente</i>	<i>subconjunto 8 = 30 árboles de los cuales 10 muestreados</i>
Catuai	sensible	sous-ensemble 9 = 20 arbres tous échantillonnés
T17939	résistant <i>resistente</i>	<i>subconjunto 9 = 20 árboles todos muestreados</i>
		sous-ensemble 10 = 10 arbres tous échantillonnés
		<i>subconjunto 10 = 10 árboles todos muestreados</i>
		sous-ensemble 11 = 10 arbres tous échantillonnés
		<i>subconjunto 11 = 10 árboles todos muestreados</i>

(*) la présence de 1, 2 (ou plus) génotypes sensibles ou résistants forme un sous-ensemble de 10, 20 (ou plus) arbres. Sur ceux-ci 10 arbres sont prélevés pour former un échantillon racinaire unique pour le sous-ensemble. / (*) *La presencia de 1, 2 (o más) genotipos sensibles o resistentes forma un subconjunto de 10, 20 (o más) árboles. De estos se toman 10 árboles para formar una muestra racinar única para el subconjunto.*

rieur à 26 % et une variance inférieure à la moyenne. L'analyse de variance du nombre de *Pratylenchus* met en évidence une différence significative entre les sensibles et les résistants ($F = 5,46$; $p = 0,02$ pour 119 ddl).

Cas de la parcelle 3 : variétés Costa Rica 95 et Iapar 59

La variété résistante présente, comme précédemment, une quasi-absence de *M. exigua* alors que la moyenne, pour les variétés

sensibles, est supérieure à 6 000 stades juvéniles par gramme (tableau 4).

Comme pour la parcelle précédente, la variété résistante à *M. exigua* est parasitée par un plus grand nombre de *Pratylenchus* (environ 660 nématodes par gramme) que la variété sensible (environ 290 nématodes par gramme). On constate qu'il existe une plus grande différence des niveaux de population de *Pratylenchus* entre variétés sensibles et résistantes à *M. exigua* dans une plantation « monovariétale » (cas de la parcelle 3), au bout d'une courte durée

(18 mois), que dans une parcelle plantée avec des génotypes sensibles et résistants en mélange depuis huit ans (cas de la parcelle 2).

Discussion

L'étude montre que la distribution spatiale de *Pratylenchus* est très agrégative, alors que celle de *Meloidogyne* correspond à une distribution un peu plus homogène. Les niveaux moyens de cette dernière population sont 30 fois plus élevés que ceux de *Pratylenchus* sp. Ce niveau plus élevé peut expliquer une répartition plus homogène liée à une meilleure colonisation de la parcelle par *M. exigua*.

Une compétition semble exister entre les deux populations de nématodes étudiées ici. De telles compétitions sont courantes chez d'autres espèces de nématodes (Eisenbach, 1985). La compétition entre espèces se traduit par une diminution de la capacité reproductive d'une espèce en présence de l'autre. On peut citer les compétitions entre *Pratylenchus* spp. et *Meloidogyne incognita* observées au champ sur le tabac (Graham *et al.*, 1964) ou chez l'ananas (Guérount, 1968). Dans les conditions de notre étude, l'espèce dominante, *M. exigua*, limite le développement de *Pratylenchus* sp. Lorsque la population de *M. exigua* ne peut se développer normalement, comme c'est le cas dans les variétés résistantes, la population de *Pratylenchus* augmente de façon significative.

Donc, la diffusion de matériel végétal uniquement résistant à *Meloidogyne exigua* comporte le risque de favoriser le développement des *Pratylenchus*. Dès lors, cette diffusion des variétés résistantes à *M. exigua* doit obéir à une stratégie qui prendra en compte les nombreux cas de mélange de populations et la pathogénécité des populations de *Pratylenchus*. Chaque fois qu'on se trouvera dans la situation du couple *Meloidogyne* spp. – *Pratylenchus* spp. (situation qui semble très fréquente en Amérique centrale), et que l'on disposera de matériel végétal spécifiquement résistant à telle ou telle espèce de *Meloidogyne* (ce qui est fréquent), il faudra évaluer les risques de diffusion de variétés résistantes. Dans le cas de notre étude, où la population de *Pratylenchus* ne semble pas très agressive en comparaison de celle du Guatemala, cela a-t-il des conséquences économiques réelles ? Une étude est en cours pour en évaluer les risques. En pre-

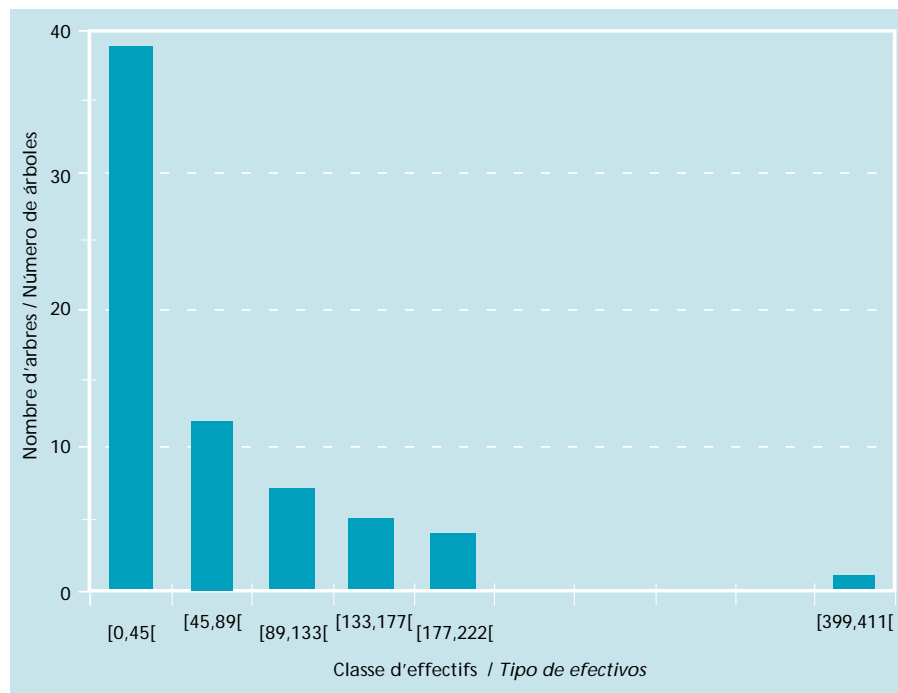


Figure 1. Distribution de *Pratylenchus* sp., effectif par gramme de racine.
Distribución de *Pratylenchus* sp., efectivo por gramo de raíz.

Tableau 2. Paramètres statistiques des deux populations de nématodes. Nombre de nématodes par gramme de racines. / Parámetros estadísticos de dos poblaciones de nematodos. Número de nematodos por gramo de raíces.

	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Meloidogyne exigua</i>
Nombre d'échantillons Número de muestras	68	68
Population moyenne Población media	55,02	1 745
Variance Variancia	5 914	1 931 783
Ecart-type Desviación estándar	76,91	1 389,9
Minimum Mínimo	0	74
Maximum Máximo	444	5 700
Coefficient de variation (%) Coeficiente de variación (%)	139,77	79,64

mière approche, une solution réside dans l'utilisation de la variété porte-greffe « Nemaya » provenant de *Coffea canephora*, qui présente l'avantage d'être à la fois résistante à plusieurs populations de *Meloidogyne* tout en présentant, comme l'ensemble de l'espèce, une bonne tolérance à *Pratylenchus* (Anzueto *et al.*, 1995). ■

Remerciements

Nous remercions M. Rivoal (Inra de Rennes) pour ses conseils et l'Union européenne pour l'appui financier apporté à cette étude dans le cadre du projet CTI *CT92-0090.

Tableau 3. Paramètres statistiques des deux populations pour les génotypes sensibles et résistants de la variété Colombia. Nombre de nématodes par gramme de racines. / *Parámetros estadísticos de dos poblaciones para los genotipos sensibles y resistentes de la variedad Colombia. Número de nematodos por gramo de raíces.*

	Génotypes sensibles à <i>Genotipos sensibles a Meloidogyne exigua</i>		Génotypes résistants à <i>Genotipos resistentes a Meloidogyne exigua</i>	
	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Meloidogyne exigua</i>	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Meloidogyne exigua</i>
Nombre d'échantillons <i>Número de muestras</i>	52	52	69	69
Population moyenne <i>Población media</i>	203	1 765	349	18,7
Ecart-type <i>Desviación estándar</i>	350	408	390	63
Coefficient de variation <i>Coefficiente de variación (%)</i>	124	166	112	336,6

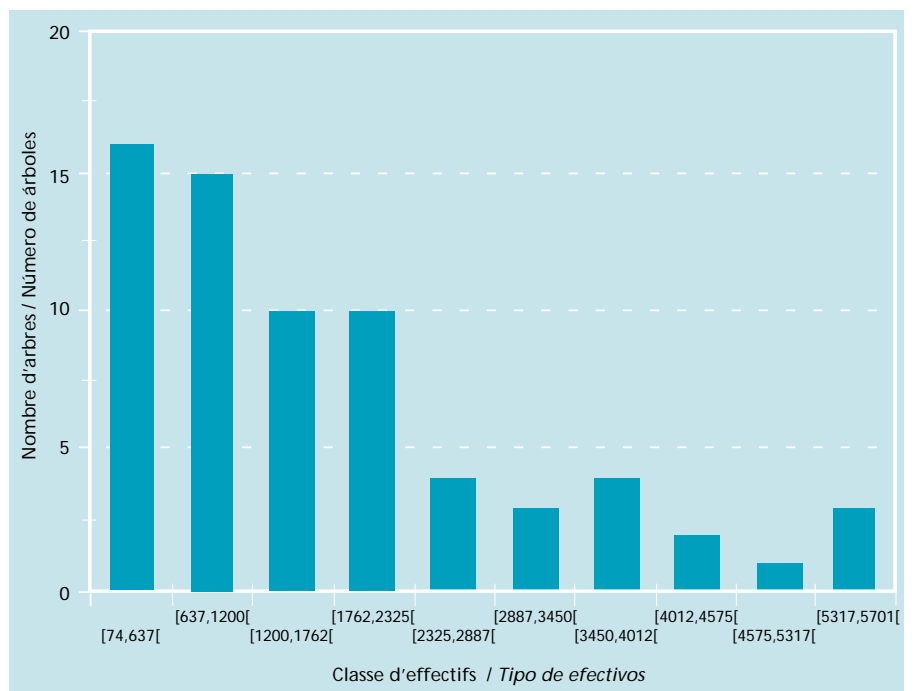


Figure 2. Distribution de *Meloidogyne exigua*, effectif par gramme de racine. / *Distribución de Meloidogyne exigua, efectivo por gramo de raíz.*

Tableau 4. Paramètres statistiques des deux populations de nématodes calculés sur le nombre de nématodes par gramme de racines. / *Parámetros estadísticos de las dos poblaciones de nematodos calculados en base al número de nematodos por gramo de raíces.*

	Variété sensible Costa Rica 95, sensible à <i>Variación sensible Costa Rica 95, sensible a Meloidogyne exigua</i>		Variété lapar 59 résistante à <i>Variación lapar 95 resistente a Meloidogyne exigua</i>	
	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Meloidogyne exigua</i>	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne exigua</i>
Nombre d'échantillons / <i>Número de muestras</i>	11	11	11	11
Population moyenne / <i>Población media</i>	287	6 396	662	20
Ecart-type / <i>Desviación estándar</i>	145	235	420	23,7
Coefficient de variation / <i>Coefficiente de variación (%)</i>	50	37	63,5	118

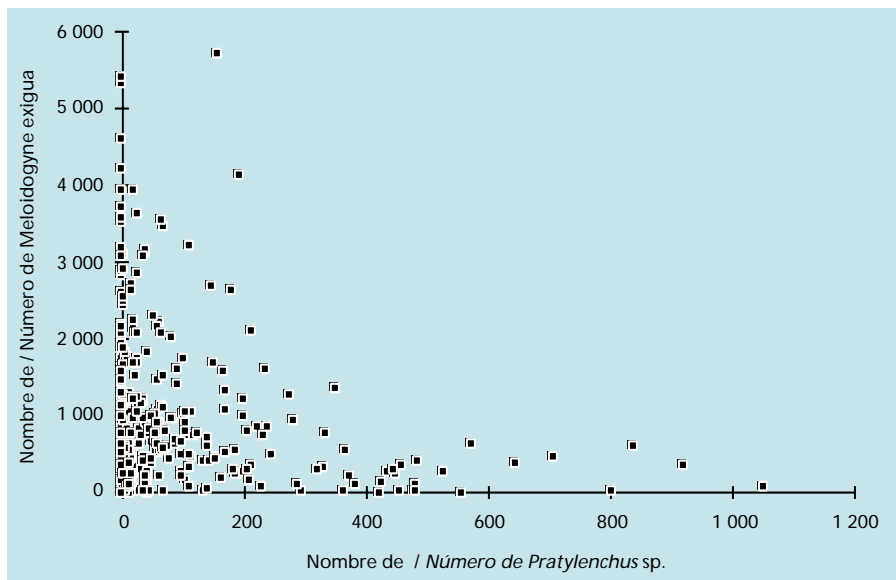


Figure 3. Relation entre les effectifs observés pour les deux nématodes. / Relación entre los efectivos observados para ambos nematodos.

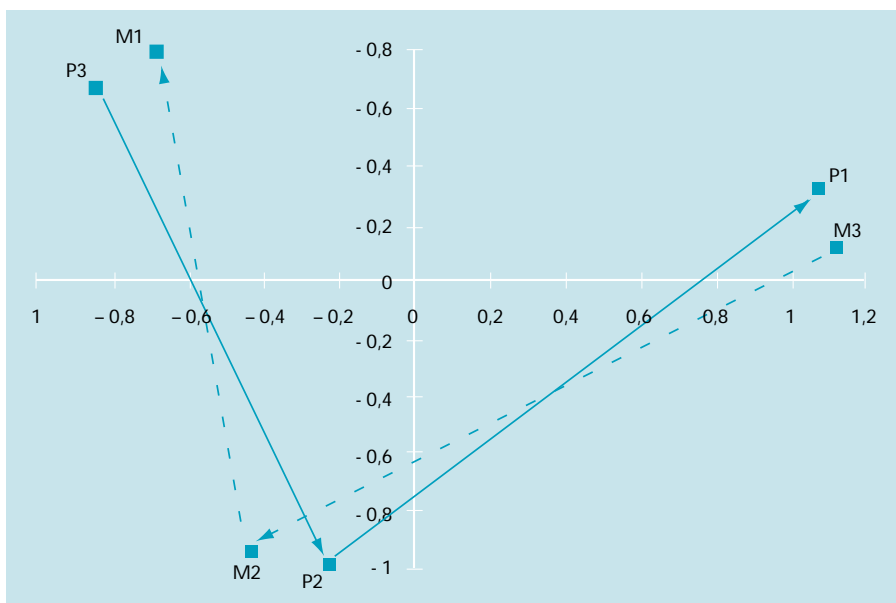


Figure 4. Graphique de l'analyse factorielle des correspondances. / Gráfico del analisis factorial de las correspondencias.

Bibliographie / Bibliografía

- AGUILAR G., BERTRAND B., ANTHONY F., 1997. Comportamiento agronómico y resistencia a las principales plagas de diferentes variedades derivadas del Híbrido de Timor. *Noticiero del Café* (94-95), 8 p.
- ANSCOMBE F.J., 1950. Sampling theory of the negative binomial and logarithmic series distributions. *Biometrika*, 37 : 358-382.
- ANZUETO F., 1993. Etude de la résistance du caféier (*Coffea* sp.) à *Meloidogyne* sp. et *Pratylenchus* sp. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 123 p.

- ANZUETO F., BERTRAND B., DUFOUR M., 1995. Nemaya. Desarrollo de una variedad porta-injerto resistente a los principales nematodos de América Central. *Boletín Promecafe* (66-67) : 13-15.
- BERNHARD R., BOUQUET A., SCOTTO LA MASSESE C., 1985. Diversité des problèmes nématologiques en vergers et en vignobles, solutions chimiques et génétiques. *C.R Acad. Agr. Fr.* 71 (7) : 705-718.
- BERTRAND B., ANZUETO F., PEÑA M., ANTHONY F., ESKES A.B., 1995. Genetic improvement of coffee for resistance to root-knot nematodes *Meloidogyne* sp. in America Central. *In* : XVI^e Colloque

scientifique international sur le café, Kyoto, Japon, 9-14 avril 1995. Paris, France, Asic, vol. 2, p. 630-635.

- BERTRAND B., AGUILAR G., BOMPARD E., RAFINON A., ANTHONY F., 1997. Comportement agronomique et résistance aux principaux déprédateurs des lignées de Sarchimor et Catimor au Costa Rica. *Plant. Rech. Dév.* 4 (5) : 312-321.
- CILAS C., VILLAIN L., LICARDIÉ D., 1993. Etude de la distribution de *Pratylenchus* sp. dans une plantation de caféiers au Guatemala. *In* : XV^e Colloque scientifique international sur le café, Montpellier, 6-11 juin 1993. Paris, France, Asic, vol. 2, p. 843-847.
- EISENBACH J.D., 1985. Interactions among populations of nematodes. *In* : An advance treatise on *Meloidogyne*. Vol 1 : biology and control, J.N. Sasser et C.C. Carter éd., Raleigh, Etats-Unis, North Carolina state university, p. 193-213.
- GRAHAM T.W., FORD Z.T., CURRIN R.E., 1964. Response to root-knot resistant tobacco to the nematode disease complex caused by *Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne incognita acrita*. *Phytopathology* 54 : 205-210.
- GUEROUNT R., 1968. Compétition *Pratylenchus brachyurus* - *Meloidogyne* n.sp. dans les cultures d'ananas de Côte d'Ivoire. *In* : 8th International symposium of nematology, Antibes, France, 8-14 septembre 1965, E.J. Brill éd., p. 64-69.
- HERNANDEZ A., FARGETTE M., SARAH J.L., DECAZY B., MOLINIER V., BOISSEAU M., RAMENASON H., 1995. Caractérisation biochimique, biologique et morphologique de différentes populations de *Meloidogyne* sp. parasites du caféier en Amérique centrale. *In* : XVI^e Colloque scientifique international sur le café, Kyoto, Japon, 9-14 avril 1995. Paris, France, Asic, vol. 2, p. 798-803.
- KUMAR A.C., 1979. Relative tolerance or susceptibility of Arabica, Robusta and Excelsa coffees to *Pratylenchus* sp. *In* : Annual symposium on plantation crops Placrosym II, Venkata C.S., Cinchona, Inde, p. 20-26.
- LOPEZ R., SALAZAR L., 1989. Microscopia electrónica de rastreo de varias poblaciones del nematodo nodulador del cafeto *Meloidogyne exigua* Nematoda Heteroderidae. *Turrialba* 39 (3) : 299-304.
- LUC M., REVERSAT G., 1985. Possibilités et limites des solutions génétiques aux affections provoquées par les nématodes sur les cultures tropicales. *C.R Acad. Agr. Fr.* 71 (7) : 781-791.
- SOUTHEY J.F., 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Londres, Royaume-Uni, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Reference Book 402, 202 p.
- VILLAIN L., SARAH J.L., DECAZY B., MOLINA A., SIERRA S., 1996. Evaluation of grafting on *Coffea canephora* var. Robusta and chemical treatment for control of *Pratylenchus* sp. in *C. arabica* cropping systems (Abstract of poster). *Nematologica* 26 (3) : 325.

Relaciones entre las poblaciones dos nematodos *Meloidogyne exigua* y *Pratylenchus* sp., en las raíces de *Coffea arabica* en Costa Rica

Bertrand B.¹, Cilas C.², Hervé G.², Anthony F.³, Etienne H.¹, Villain L.²

¹ CIRAD-CP/PROMECAFE, IICA, Ap 37, 2200 Coronado, San José, Costa Rica

² CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

³ ORSTOM/CATIE, Turrialba, Ap 59, Costa Rica

En ambiente tropical, se asocian generalmente varias especies perteneciendo a distintos géneros en las infestaciones de las raíces por los nematodos (Luc y Reversat, 1985). En América central, los nematodos del caféto más frecuentes son *Meloidogyne* spp. (endoparásito sedentario) y *Pratylenchus* spp. (endoparásito migrador). Las poblaciones de estos dos patógenos se hallan muy a menudo mezcladas en los cafetales de Costa Rica.

De las 90 muestras procedentes de la región de nuestro estudio (meseta central de Costa Rica), el 71% presentan simultáneamente ambos géneros. Acorde a López y Salazar (1989) y Hernández *et al.*, (1995), la especie de *Meloidogyne* dominante en Costa Rica es *M. exigua*. Hernandez confirmó que la población del presente estudio pertenece a esta especie. En lo que concierne la población de *Pratylenchus*, ninguna determinación fue publicada aún. La resistencia genética es una alternativa importante para controlar los nematodos (Bernhard *et al.*, 1985) y, especialmente, *M. exigua*. La presencia frecuente de genes de resistencia a *M. exigua* en los Catimores (oriundos del Híbrido de Timor, híbrido interespecífico natural *Coffea arabica* x *C. canephora*) hace posible la selección de variedades resistentes (Bertrand *et al.*, 1997). Se observaron diferencias de producción, del orden del 9%, entre variedades sensibles y variedades resistentes en una parcela muy fuertemente infestada por *M. exigua* (Aguilar *et al.*, 1997; Bertrand *et al.*, 1997), lo que confirma el interés de la resistencia genética como componente de un control integrado de *M. exigua*.

En Guatemala, las infestaciones de *Pratylenchus* provocan fuertes pérdidas de producción (Anzueto, 1993; Villain *et al.*, 1996). En la región de nuestro estudio, las poblaciones de *Pratylenchus* spp. provocan daños mucho más bajos. En *C. arabica* no se conoce aún ninguna fuente de resistencia frente a este parasito (Anzueto, 1993; Kumar, 1979).

En los casos de infestaciones múltiples, es frecuente observar competencias entre géneros que se manifiestan por la limitación de una u

otra población (Eisenback, 1985). La introducción, en semejante equilibrio, de una variedad resistente a uno de los parasitos puede provocar una modificación de los equilibrios huéspedes-parasitos preexistentes, lo que, a veces, conduce al desarrollo de especies mantenidas hasta entonces por debajo del límite de nocividad mediante la competencia ejercida por la especie eliminada por la resistencia (Bernhard *et al.*, 1985). El presente estudio intenta verificar la hipótesis de una competencia entre *Pratylenchus* sp. (foto 1) y *M. exigua*, (foto 2) para su desarrollo en las raíces de cafetos y si el uso de variedades resistentes a *M. exigua* puede acarrear un incremento de las poblaciones de *Pratylenchus*.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolla en la estación experimental del Instituto del café de Costa Rica (Icafé) (San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica) en un Andosol característico de la meseta central del Costa Rica, a una altitud de 1.100 m.s.n.m. Se maneja el cultivo sin sombra con una densidad de 6.300 plantas por hectárea. Las plantas reciben 1.000 kg/ha/año de abono completo (18-3-10-8) en dos aplicaciones y una aplicación de 250 kg/ha/año de nitro magnesio.

Las muestras son constituidas de raíces secundarias y terciarias levemente lignificadas, tomadas en un espesor de 10-15 cm a 10 a 20 cm por debajo del cuello. Los nematodos procedentes de alícuotas de 10 g de raíces se extraen en cámara de atomizador (Southey, 1986). Se hace el censo de las fases juveniles recuperadas en un volumen de agua de 30 a 200 ml en una alícuota de 4 ml. Se expresan los efectivos de las distintas poblaciones contados por gramo de raíz.

Comparación de las distribuciones de las poblaciones de *M. exigua* y *Pratylenchus* sp. en una parcela sembrada con una variedad sensible a *M. exigua*, parcela 1

La parcela escogida para este estudio es llana y con una superficie de 2.500 m². Se halla sem-

brada con una variedad sensible a *M. exigua* (Costa Rica 95). Cada semana, durante cuatro meses, se muestrearon 20 árboles de modo aleatorio. Después de evaluar los parámetros estadísticos relativos a los repartos observados, se someten a prueba ajustes a leyes discretas. Se estudian las relaciones entre ambas especies por intermedio de gráficos, de correlaciones lineales y de análisis de correspondencias para evidenciar posibles relaciones no lineares entre ambas especies consideradas.

Comparación de las distribuciones de *M. exigua* y *Pratylenchus* sp. en una parcela sembrada con líneas sensibles y resistentes aleatoriamente distribuidas, parcela 2

La parcela estudiada, con 8 años de edad, se halla sembrada con la variedad Colombia. Esta variedad está compuesta de varios genotipos mezclados mecánicamente cuando se difundieron a los utilizadores. En este ensayo, la parcela fue sembrada con el objetivo de estudiar individualmente 17 genotipos y tres testigos (Caturra, Catuai y Villa Sarchi). El dispositivo experimental se halla constituido de cuatro bloques en los cuales se sembraron diez árboles por genotipo en randomización. Un estudio anterior permitió verificar que los genotipos que componen la variedad tienen respuestas bien diferenciadas para varias características agronómicas, de ellas la reacción a *M. exigua* (Bertrand *et al.*, 1997). Por otro lado, los tres testigos son sensibles a este nematodo. La distribución randomizada de los genotipos resistentes o sensibles en el campo permite constituir subconjuntos (ejemplo para el bloque 1, cuadro 1). Se estudian estos subconjuntos, constituidos por la sucesión aleatoria de genotipos resistentes o sensibles. En cada uno de estos subconjuntos se toma una muestra de raíz en unos diez cafetos. Las tomas de muestras se hicieron en tres distintas fechas. En total, se toman 52 muestras en subconjuntos formados de genotipos sensibles y 69 tomados en subconjuntos formados de genotipos resistentes. Se comparan las cantidades de *Pratylenchus* extraídas

de los sensibles y de los resistentes mediante un análisis de variancia después de transformación logarítmica.

Comparación de las distribuciones de *M. exigua* y *Pratylenchus* sp. en una parcela sembrada con una variedad sensible

y una variedad resistente, parcela 3

En una parcela, se sembraron dos bloques de 200 árboles, dispuestos en hileras de diez árboles. Se siembra un bloque con la variedad sensible Costa Rica 95, el otro con la variedad resistente Iapar 59. Cuando los árboles tienen 18 meses de edad, se toma, en cada variedad, 11 muestras de raíces, que corresponden cada una a las tomas de muestras realizadas en diez cafetos. El parasitismo por ambas especies de nematodos se compara entre ambas variedades mediante un análisis de variancia después de transformación de los datos por $\log(x + 1)$.

Resultados

Distribución de los nematodos en la parcela 1

La distribución observada para *Pratylenchus* es muy disimétrica y las clases de bajos efectivos son fuertemente representadas (figura 1). Además, esta distribución se caracteriza por una variancia muy superior a su promedio, lo que caracteriza distribuciones agregativas (cuadro 2). Por lo tanto, se realiza un ajuste a una ley negativa acorde a la formulación de Anscombe (1950) que permite evaluar los parámetros en el conjunto de los reales (\mathfrak{R}).

La distribución del número de *Pratylenchus* se ajusta bien a una ley binomial negativa (con $k = 0,512$; test χ^2 de ajuste aceptado al 80,4%), como esto se había observado ya en Guatemala (Cilas *et al.*, 1993).

Aunque la distribución de la población de *Meloidogyne* presenta igualmente cierta agregación (figura 2), la prueba de ajuste a una ley binomial negativa se halla rechazado por el test del χ^2 (al límite de la significación, $p = 4,84\%$). El valor del parámetro k estimado indica que la distribución de este nematodo es mucho menos agregativa ($k = 1,576$). El reparto espacial de *M. exigua* es pues más homogéneo que aquel de *Pratylenchus*.

El gráfico xy (figura 3), que pone en relación los niveles de población de *Pratylenchus* sp. y de *Meloidogyne exigua*, establecido a partir de 327 tomas de muestras, deja aparecer una relación negativa no lineal entre los niveles de población de estas dos especies, ($r^2 = 0,052$). Se realiza un análisis factorial de las correspondencias (Afc) para caracterizar el enlace entre ambas poblaciones. Los 327 individuos se hallan distribuidos en tres clases de efectivos iguales

para cada una de ambas especies examinadas. La figura 4 muestra que los fuertes efectivos de *Pratylenchus* se hallan relacionados con bajos efectivos de *Meloidogyne* e inversamente. Una relación de competencia entre ambas especies parece por lo tanto intervenir en la colonización de las raíces de cafetos por los nematodos.

Impacto de las variedades resistentes sobre las poblaciones de *M. exigua* y de *Pratylenchus*

Caso de la parcela 2

Los genotipos resistentes presentan muy pocos *Meloidogyne* (unos veinte en fase juvenil por gramo) mientras que la densidad media de infestación para los genotipos sensibles es superior a 1.700 (cuadro 3). En cambio, los *Pratylenchus* son más abundantes en las raíces de los genotipos resistentes a *M. exigua* (unos 350 nematodos por gramo) que en las raíces de los genotipos sensibles (unos 200 nematodos por gramo). Después de transformación logarítmica, los datos presentan un coeficiente de variación inferior al 26% y una variancia inferior al promedio. El análisis de variancia del número de *Pratylenchus* evidencia una diferencia significativa entre los sensibles y los resistentes ($F = 5,46$; $p = 0,02$ para 119 ddl).

Caso de la parcela 3:

variedades Costa Rica 95 y Iapar 59

La variedad resistente presenta, como previamente, una casi ausencia de *M. exigua* mientras que el promedio, para las variedades sensibles, es superior a 6.000 fases juveniles por gramo (cuadro 4).

Como para la parcela anterior, un mayor número de *Pratylenchus* (unos 660 nematodos por gramo) vive en parásito sobre la variedad resistente a *M. exigua* que la variedad sensible (unos 290 nematodos por gramo). Se comprueba que existe una mayor diferencia de los niveles de población de *Pratylenchus* entre variedades sensibles y resistentes a *M. exigua* en una plantación « monovarietal » (caso de la parcela 3), al cabo de poco tiempo (18 meses), que en una parcela sembrada con genotipos sensibles y resistentes en mezcla desde hace ocho años (caso de la parcela 2).

Discusión

El estudio muestra que la distribución espacial de *Pratylenchus* es muy agregativa, mientras que la de *Meloidogyne* corresponde a una distribución un poco más homogénea. Los niveles medios de esta última población son 30 veces más altos que los de *Pratylenchus* sp. Este nivel más alto puede explicar un reparto más homogéneo relacionado con una mejor colonización de la parcela por *M. exigua*.

Parece que existe una competencia entre las dos poblaciones de nematodos estudiadas en

este documento. Semejantes competencias son comunes en otras especies de nematodos (Eisenbach, 1985). La competencia entre especies se manifiesta por una disminución de la capacidad reproductiva de una especie en presencia de otra. Se pueden nombrar las competencias entre *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne incognita* observadas en el campo en el tabaco (Graham *et al.*, 1964) o en la piña (Guérount, 1968). En la condiciones de nuestro estudio, la especie dominante, *M. exigua*, limita el desarrollo de *Pratylenchus* sp. Cuando la población de *M. exigua* no puede desarrollarse normalmente, como es el caso en las variedades resistentes, la población de *Pratylenchus* aumenta significativamente.

Por lo tanto, la difusión de material vegetal únicamente resistente a *Meloidogyne exigua* incluye el riesgo de favorecer el desarrollo de los *Pratylenchus*. Desde este momento, esta difusión de las variedades resistentes a *M. exigua* debe obedecer a una estrategia que tomará en cuenta los numerosos casos de mezcla de poblaciones y la patogenicidad de las poblaciones de *Pratylenchus*. Cada vez que se hallará en la situación de la pareja *Meloidogyne* spp. – *Pratylenchus* spp., (situación que parece muy frecuente en América central) y que se dispondrá de material vegetal específicamente resistente a tal o cual especie de *Meloidogyne* (lo que ocurre a menudo), será preciso evaluar los riesgos de difusión de variedades resistentes. En el caso de nuestro estudio en que la población de *Pratylenchus* no parece muy agresiva en comparación con la de Guatemala, ¿es que tiene esto consecuencias económicas efectivas? Un estudio está pendiente para estimar sus riesgos. Como primer enfoque, una solución reside en el uso de la variedad porta injerto « Nemaya » procedente de *Coffea canephora*, que presenta la ventaja de ser a la vez resistente a varias poblaciones de *Meloidogyne* a la par de presentar, como toda la especie, una buena tolerancia a *Pratylenchus* (Anzueto *et al.*, 1995). ■

Agradecimientos

Agradecemos al Sr Rivoal (Inra de Rennes) por sus consejos y la Unión europea por el apoyo financiero prestado a este estudio en el marco del proyecto CTI *CT92-0090.