

## **(LANDWIRTSCHAFTLICHE) FREIHANDELSABKOMMEN ZWISCHEN DER EU UND DEN LÄNDERN LATEINAMERIKAS – AUSSICHTEN UND AUSWIRKUNGEN<sup>4</sup>**

**Prof.Dr. Stephan von Cramon-Taubadel  
Institut für Agrarökonomie, Universität Göttingen**

In den letzten Jahren hat das Thema Freihandelsabkommen zwischen der EU und den Ländern Lateinamerikas an Bedeutung gewonnen. In der kurzen Zeit, die mir heute zur Verfügung steht, möchte ich zwei Aspekte dieses Themas streifen. Zum einen möchte ich den sogenannten *neuen Regionalismus* in Lateinamerika diskutieren, der im Laufe des letzten Jahrzehnts zu der Gründung einer Vielzahl handelspolitischer Kooperationen zwischen den Ländern Lateinamerikas und Partnern innerhalb und außerhalb der Region geführt hat. Zum anderen möchte ich die Bemühungen, eine Freihandelszone zwischen der EU und MERCOSUR zu gründen und vor allem die besondere Rolle, die die Landwirtschaft bei diesen Bemühungen spielt, darstellen und kommentieren.

### **1. Der neue Regionalismus in Lateinamerika**

Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß es in den 90er Jahren zum Abschluß einer Vielzahl von verschiedenen handelspolitischen Kooperationsverträgen unter und mit lateinamerikanischen Ländern gekommen ist.

---

<sup>4</sup> Vortrag gehalten auf Einladung der ALUMNI, Tropenzentrum Universität Göttingen und Universidad de Costa Rica, am 19.03.2001 in San José, Costa Rica.

**Tabelle 1: Handelspolitische Kooperationen unter Beteiligung Lateinamerikas**

CARICOM (1989)	Andean Community (1988)
Chile – Mexiko (1991)	Chile – MERCOSUR (1996)
CACM (1990)	Bolivien – MERCOSUR (1996)
CARICOM – Venezuela (1992)	Kanada – Chile (1996)
Chile – Venezuela (1993)	Mexiko – Nicaragua (1997)
NAFTA (1992)	CACM – Dom. Republik (1998)
Colombia – Chile (1993)	CARICOM – Dom. Republik (1998)
MERCOSUR (1991)	CACM – Chile (1999)
Costa Rica – Mexiko (1994)	Mexiko – EU (2000)
Bolivien – Mexiko (1994)	Mexiko – Israel (2000)
Chile – Ecuador (1994)	Mexico – Northern Triangle (2000)

Anmerkung: The Northern Triangle = El Salvador, Guatemala, Honduras.

Quelle: DEVLIN (2000), S. 17.

Die in Tabelle 1 genannten Abkommen reichen von mehr oder weniger umfangreichen Freihandelszonen bis hin zu Zollunionen. Bei der Betrachtung der im Rahmen dieser Abkommen erzielten Ergebnisse und Erfolge stellt man einerseits fest, daß viele Erwartungen nicht erfüllt werden konnten. Trotz offizieller Verträge und Bekenntnisse zum Freihandel wird der Handel zwischen den Ländern Lateinamerikas nach wie vor durch verschiedene Handelshemmnisse erschwert. Streit und Konflikte über einzelne Produkte belasten die Handelsbeziehungen beispielsweise zwischen den Mitgliedern MERCOSURs zum Teil erheblich.<sup>5</sup> Andererseits stimmt es, daß die intraregionalen Exporte Lateinamerikas in den 90er Jahren rasch zugenommen haben, und zwar um fast 50 % mehr als die Exporte dieser Länder mit dem Rest der Welt (IDB, 1999).

In Tabelle 2 wird eine Reihe weiterer handelspolitischer Abkommen mit lateinamerikanischer Beteiligung, die gegenwärtig angedacht bzw. Gegenstand von Verhandlungen sind, aufgeführt.

<sup>5</sup> MERCOSUR besteht aus den Ländern Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay. Zu verschiedenen Handelskonflikten, die trotz Freihandelsabkommen zwischen diesen Ländern herrschen, siehe die Pressemitteilungen, die unter [www.mercosur.com](http://www.mercosur.com) geführt werden.

**Tabelle 2: Handelspolitische Abkommen mit lateinamerikanischer Beteiligung (Stand: Ende 2000)**

Regional	Extraregional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Free Trade Area of the Americas (FTAA)</li> <li>• Kanada – Costa Rica</li> <li>• Mexiko – Panama</li> <li>• CACM – Panama</li> <li>• Northern Triangle – Andean Community</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MERCOSUR – Europäische Union</li> <li>• Chile – Europäische Union</li> <li>• Chile – Südkorea</li> <li>• APEC – Mexiko – Japan</li> </ul>

Quelle: DEVLIN (2000), S. 17.

Vor allem werden auch solche Abkommen heute angestrebt, die nicht nur intraregionalen (d.h. zwischen lateinamerikanischen Ländern) sondern interregionalen (zwischen Lateinamerika und nicht-lateinamerikanischen Ländern oder Blöcken) Charakter haben.

Aufgrund der vielen Abkommen, die zwischen und mit den Ländern Lateinamerikas abgeschlossen wurden bzw. verhandelt werden, wird von einem sogenannten neuen Regionalismus in Lateinamerika gesprochen (DEVLIN, 2000). Ist dieser neue Regionalismus in Lateinamerika aber wirklich neu? Eigentlich nicht. In den Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg wurden beispielsweise das Latin American Free Trade Area (LAFTA) und verschiedene Zollunionen (z.B. die sog. Andean Region und in Zentralamerika) gegründet. Diese blieben aber im großen und ganzen wirkungslos. DEVLIN (2000) führt dies auf interne Widersprüche zurück. Die alte Integration in Lateinamerika sieht er vor allem als Versuch, fehlgeschlagene Importsubstitutionspolitiken zu retten. Danach wurde die regionale Integration als Möglichkeit gesehen, Skalenerträge in der Produktion vor allem von Industriegütern zu realisieren und somit wenn nicht nationale zumindest regionale Importsubstitutionspolitiken zu verwirklichen. Dies setzte aber eine Akzeptanz von Importprodukten voraus, sofern sie aus anderen lateinamerikanischen Ländern stammten, was aber grundsätzlich im Widerspruch zu der Idee einer die inländische Güterproduktion stützenden Importsubstitution steht. Somit waren frühere Integrationsversuche stets großen Spannungen ausgesetzt. Auf Dauer ist es nicht gelungen, Freihandel zwischen den teilnehmenden Ländern gegen protektionistische Interessen, diverse militärische Rivalitäten und die durch die Importsubstitution

hervorgerufenen makroökonomischen Instabilitäten aufrecht zu erhalten (DEVLIN 2000, S. 4).

## **2. Freihandel zwischen der EU und MERCOSUR**

Oben wurde bereits erwähnt, daß die Länder Lateinamerikas sich zunehmend um die wirtschaftliche Integration mit extraregionalen Partnern bemühen. Die Pläne für eine Freihandelszone zwischen MERCOSUR und der EU sind beispielhaft für diese Bemühungen. Im folgenden soll insbesondere auf die Verhandlungen zwischen MERCOSUR und der EU eingegangen werden. Dies zum einen, weil MERCOSUR der wichtigste Handelspartner der EU in Lateinamerika ist. Und zum anderen, weil in den 90er Jahren die EU zum wichtigsten Handelspartner MERCOSURs und zur wichtigsten Quelle ausländischen Kapitals für die Mitglieder MERCOSURs geworden ist.

### **2.1 Geschichte und Stand der Verhandlungen**

1995 wurde ein sog. Interregional Framework Agreement zwischen der EU und den Ländern MERCOSURs verabschiedet. Die Verhandlungen zwischen der EU und MERCOSUR kamen aber erst 1999 anlässlich des Gipfeltreffens lateinamerikanischer und EU-Staatschefs in Rio de Janeiro richtig in Gang. Im April 2000 wurde schließlich in Buenos Aires vereinbart, daß Verhandlungen zur Errichtung einer Freihandelszone geführt werden sollten, die

1. umfassend sein sollten (alle Produkte und Sektoren einschließen),
2. besonders empfindliche Produkte berücksichtigen sollten (dies vor allem auf Drängen der EU mit Blick auf Agrarprodukte) und
3. deren Verhandlungsergebnisse ein Paket darstellen sollten, das abschließend als Ganzes von den beteiligten Ländern ratifiziert werden sollte.

Gegenwärtig arbeiten drei Arbeitsgruppen (eine für Güterhandel, eine für den Dienstleistungshandel und eine für geistiges Eigentum, das sog. Government Procurement und Schlichtungsverfahren). Konkrete Verhandlungen über einzelne Zölle und Produkte sollten im Juli 2001 anfangen und bis Ende 2004 abgeschlossen sein. Das Inkrafttreten der Freihandelszone MERCOSUR – EU ist für das Jahr 2005 vorgesehen.

## 2.2 Der Handel zwischen der EU und MERCOSUR

Der Handel zwischen der EU und MERCOSUR hat sich im Laufe der 90er Jahre rasch entwickelt. Betrug das gesamte Handelsvolumen 1994 ca. 33 Mrd. US\$, ist es bis 1996 auf 42 Mrd. US\$ und bis 1998 auf 48,5 Mrd. US\$ gewachsen. Tabelle 3 ist zu entnehmen, daß die EU hauptsächlich Agrar- und Lebensmittelprodukte aus den Ländern MERCOSURs importiert, während in umgekehrter Richtung vor allem Industrieprodukte und chemische Güter fließen. Dies lenkt die Aufmerksamkeit auf eines der größten Problemfelder, die es im Rahmen der Verhandlungen zwischen der EU und MERCOSUR zu lösen gilt. Denn die meisten Beobachter gehen davon aus, daß die Liberalisierung des Handels zwischen den beiden Blöcken vor allem zu einer noch stärkeren Ausprägung des vorhandenen Handelsmusters führen würde. Das heißt u.a., daß die Agrarimporte der EU aus den Ländern MERCOSURs zunehmen würden. Die EU aber gibt bereits sehr hohe Summen für den Schutz des Binnenmarktes gegen Agrarimporte und für den subventionierten Export von Agrarprodukten aus, und landwirtschaftliche Interessenvertreter in der EU werden sich vermutlich gegen Maßnahmen, die zu einer Steigerung der Agrarimporte führen, energisch wehren.

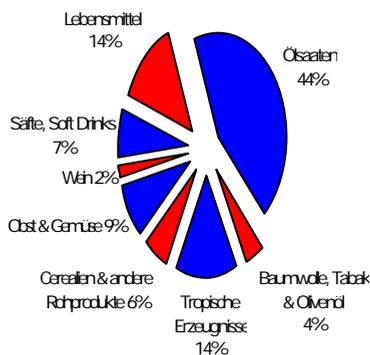
**Tabelle 3: Die Zusammensetzung des Güterhandels zwischen MERCOSUR und der EU (1998, in %)**

Produktgruppe	Aus der EU in MERCOSUR-Länder	Aus MERCOSUR-Ländern in die EU
Agrarprodukte und Fisch	0	27,9
Nahrungsmittel und Getränke	4,2	24,4
Textilien und Lederprodukte	1,3	4,5
Metalle	6,1	6,7
Maschinen	24,7	3,7
Elektroindustrie /-geräte	11,6	1,1
Transportmittel	19,9	6,6
Chemikalien	15,2	2,8
Sonstige	17,0	22,3

Quelle: ESTEVADEORDAL & KRIVONOS (2000), S. 13.

Welche Agrarprodukte importiert die EU gegenwärtig aus MERCOSUR? Schaubild 1 ist zu entnehmen, daß im Durchschnitt der Jahre 1997 bis 1999 Ölsaaten 44 % der EU-Agrarimporte aus den Ländern MERCOSURs ausmachten. Die Dominanz dieser Produkte überrascht wenig, denn aufgrund einer GATT-Bindung aus den 60er Jahren ist die EU verpflichtet, Ölsaaten zollfrei zu importieren. Fleisch und Veredelungsprodukte, die gegenwärtig einen Anteil von 14 % innehaben, könnten ein besonders großes Problem in den Verhandlungen darstellen. Den Ländern MERCOSURs wird vor allem bei Rindfleisch eine sehr hohe Wettbewerbsfähigkeit zugerechnet, so daß mit einer kräftigen Ausdehnung der EU-Importe aus diesen Ländern im Falle einer Handelsliberalisierung gerechnet werden müßte. Gerade diese Märkte sind aber in der EU aufgrund der Seuchen BSE und MKS zuletzt dermaßen durcheinander geraten, daß es sehr schwer vorstellbar ist, daß die EU einer Handelsliberalisierung bei diesen Produkten zustimmen könnte.

**Schaubild 1: Die Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Exporte MERCOSURs in die EU (1997-1999)**



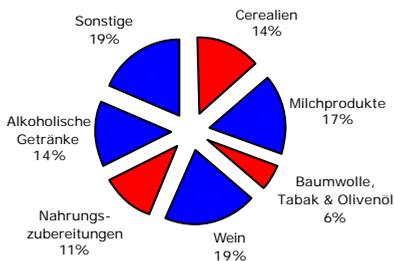
Quelle: KATTENBETT (2001).

Ein weiteres Produkt, das vor allem in Brasilien sehr kostengünstig produziert wird und bei dem mit einer kräftigen Expansion der Exporte in der EU im Falle eines Freihandelsabkommens gerechnet werden müßte, ist Zucker. Die Zuckermarktordnung der EU hat sich in den

vergangenen Jahrzehnten als besonders reformresistent erwiesen. Es ist aber damit zu rechnen, daß diese Marktordnung in den kommenden Jahren unter starken Reformdruck geraten wird und daß die notwendige politische Kompromißfindung innerhalb der EU auch ohne zusätzlichen Druck in Form von Importen aus den Ländern MERCOSURs sehr schwierig sein wird.

Von einigen Experten wird auch Wein als Produkt genannt, bei dem es im Falle eines Freihandelsabkommens mit MERCOSUR zu einer kräftigen Ausdehnung der EU-Importe kommen könnte. Wein ist aber gleichzeitig ein Produkt, das eventuell zu einem erfolgreichen Abschluß der Verhandlungen zwischen der EU und MERCOSUR beitragen könnte. Die EU ist bekanntlich in der Lage, nachgefragte Qualitätsweine zu produzieren, und wie Schaubild 2 zu entnehmen ist, macht Wein fast ein Fünftel der Agrarexporte der EU in den Ländern MERCOSURs aus. Insgesamt nahmen die EU-Lebensmittelexporte in die Länder MERCOSURs zwischen 1990 und 1996 um 159 % zu. Lebensmittelverarbeiter und -exporteure könnten sich daher in den Verhandlungen mit MERCOSUR eventuell als Gegengewicht zu den traditionellen EU-Agrarinteressenvertretern aus dem Lager der Produzenten von Agrarrohprodukten entwickeln. Ein solches Gegengewicht könnte – im Interesse der Erschließung von Wachstumsmärkten in Lateinamerika – zu der Überwindung von Widerständen bei Agrarrohprodukten beitragen.

**Schaubild 2: Die Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Exporte der EU in die**



#### Länder MERCOSURs (1997-1999)

Quelle: KATTENBETT (2001).

### 2.3 Aussichten auf Erfolg

Wenn die Freihandelsverhandlungen zwischen der EU und den Ländern MERCOSURs zu einem erfolgreichen Abschluß gebracht werden sollen, müssen mehrere Hürden in den nächsten Jahren überwunden werden.

Im institutionellen Bereich wird die EU durch die Kommission vertreten, die im Namen der fünfzehn Mitglieder der EU verhandelt. MERCOSUR dagegen wird durch einen Vorsitz vertreten, der in regelmäßigen Abständen von Mitgliedsland zu Mitgliedsland wechselt. Noch hat MERCOSUR keine der EU-Kommission vergleichbare supranationale institutionelle Instanz. Es wird berichtet, daß die Wechsel im MERCOSUR-Vorsitz zu Diskontinuitäten führen, die die Verhandlungsführung erschweren. Es werden sogar Zweifel darüber geäußert, ob MERCOSUR tatsächlich einen einheitlichen und integrierten Handelsblock darstellt oder ob die EU nicht eher mit vier selbständigen Ländern verhandelt (CHAIRE MERCOSUR 2000).

Interne Probleme innerhalb der Blöcke MERCOSUR und der EU stellen weitere wichtige Hürden dar. Wie bereits oben erwähnt wurde, hat MERCOSUR bei weitem noch nicht den Zustand einer Freihandelszone erreicht. Konflikte innerhalb MERCOSURs könnten die Führung der Verhandlungen mit der EU erschweren. Aber auch die EU muß interne Probleme überwinden. In der EU müssen in den nächsten Jahren weitere Agrarreformen (vor allem in den empfindlichen Bereichen Milch und Zucker) sowie die Osterweiterung und die nächste Runde der WTO-Verhandlungen bewältigt werden. Angesichts dieser riesigen Herausforderungen ist nur schwer vorstellbar, daß die EU die für einen schnellen Abschluß der Verhandlungen mit MERCOSUR notwendige Kraft aufbringen könnte.

Ein wichtiger Faktor, der Verlauf und Ausgang der Verhandlungen zwischen der EU und MERCOSUR beeinflussen könnte, sind die parallelen Bemühungen, eine zwei Kontinente umfassende Freihandelszone zwischen den Ländern Latein- und Nordamerikas zu schaffen. Die Administration des neuen US-Präsidenten Bush hat signalisiert, daß sie die sog. FTAA-Verhandlungen (Free Trade Areas of the Americas, die insgesamt 27 Länder verbindet) mit mehr Nachdruck verfolgen wird, als es die Vorgängeradministration des Präsidenten Clinton getan hat. Auch die FTAA-Verhandlungen sollen bis zum Jahre 2005 abgeschlossen sein. Allerdings scheinen die FTAA-Verhandlungen zur Zeit weiter vorangeschritten zu sein als die zwischen der EU und MERCOSUR. Unter anderem existiert bereits

ein supranationales FTAA-Sekretariat mit Sitz in Miami, das die Verhandlungen technisch unterstützt und für Kontinuität sorgt.

Die FTAA-Verhandlungen stellen zugleich Bedrohung und Ansporn für die Verhandlungen zwischen der EU und MERCOSUR dar. Bedrohung, da vorstellbar ist, daß die MERCOSUR-Länder sich schwer tun werden, gleichzeitig Verhandlungen sowohl mit der EU als auch mit Nordamerika und dem Rest Lateinamerikas mit dem notwendigen Einsatz zu führen. Ansporn vor allem für die EU, die ohne ein erfolgreiches Abschließen der Verhandlungen mit MERCOSUR Gefahr läuft, bei einem der potentiell wichtigsten Wachstumsmärkte der nächsten Jahrzehnte außen vor zu stehen.

Die Entwicklung des Marktanteils der EU am Außenhandel Mexikos, der nach dem Beitritt Mexikos zur North American Free Trade Area (NAFTA) um fast 50 % zurückgegangen ist, dient hier als abschreckendes Beispiel (CHAIRE MERCOSUR, 1999, S. 3). Diese negative Entwicklung des EU-Handels mit Mexiko war Auslöser von raschen Verhandlungen, die im Jahre 2000 zum Abschluß eines Freihandelsabkommens zwischen Mexiko und der EU führten. Allerdings war dieser rasche Abschluß nur möglich, weil es der EU gelang, weitgehende Ausnahmen für eine Vielzahl von strategischen oder empfindlichen Produkten – darunter vor allem Agrarprodukte – durchzusetzen. Tabelle 4 ist zu entnehmen, daß im Bereich des Industriegüterhandels zwischen der EU und Mexiko ein vollständiger Zollabbau binnen drei Jahren erreicht werden soll. Selbst für sogenannte 'empfindliche' oder 'sehr empfindliche' Produkte (ca. 30 % des gesamten Industriegüterhandels zwischen der EU und Mexiko) beträgt die durchschnittliche Dauer des Zollabbaus nur 2,3 bzw. 2,9 Jahre. Bei Agrarprodukten und natürlichen Ressourcen dagegen (siehe Tabelle 5) beträgt die durchschnittliche Dauer des Zollabbaus bei den 'empfindlichen' und 'sehr empfindlichen' Produkten 3,0 bzw. 8,1 Jahre, und in beiden Kategorien wurde fast ein Drittel aller Produkte (29,9 % und 29,3 %) von der Liberalisierung gänzlich ausgenommen.

**Tabelle 4: Liberalisierung des Handels in der EU–Mexiko-Freizone: Abbau der Zölle bei Industriegütern**

Produktgruppe	Anteil am gesamten Industriegütererhandel (%)	Vollständiger Zollabbau nach (% der Produkte in der jeweiligen Gruppe)	Ø Jahre bis zur Liberalisierung	
			0 Jahren	3 Jahren
nicht GSP-Produkte*	16,8	72,2	27,8	0,8
sehr empfindlich	15,3	3,8	96,2	2,9
empfindlich	14,0	22,7	77,3	2,3
wenig empfindlich	13,3	99,3	0,7	0,0
nicht empfindlich	40,6	94,2	5,8	0,2

\*GSP = Generalized system of preferences.

Quelle: ESTEVADEORDAL & KRIVONOS (2000), S. 17.

**Tabelle 5: Liberalisierung des Handels in der EU–Mexiko-Freihandelszone: Abbau der Zölle bei Agrarprodukten und natürlichen Ressourcen**

Produktgruppe	Anteil am gesamten Handel mit Agrarprodukten und natürlichen Ressourcen (%)	Vollständiger Zollabbau nach (% der Produkte in der jeweiligen Gruppe)						Ø Jahre bis zur Liberalisierung
		0 Jahren	3 Jahren	8 Jahren	9 Jahren	10 Jahren	nicht verhandelt	
nicht GSP-Produkte*	53,9	22,4	6,3	2,8	7,4	11,1	50,0	4,4
sehr empfindlich	14,6	5,7	5,7	18,8	0,0	40,5	29,3	8,1
empfindlich	14,9	20,3	39,3	4,5	0,5	5,3	29,9	3,0
wenig empfindlich	9,4	9,3	74,3	7,2	0,4	4,6	4,2	3,4
nicht empfindlich	7,2	89,5	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

\*GSP = Generalized system of preferences.

Quelle: ESTEVADEORDAL & KRIVONOS (2000), S. 17.

Es muß davon ausgegangen werden, daß die EU den Ländern MERCOSURs gegenüber wesentlich größere Zugeständnisse im Agrarbereich machen müßte, als dies bei Mexiko der Fall war. Anders als Mexiko haben Länder wie Argentinien und Brasilien sehr große komparative Kostenvorteile in der Agrarproduktion, und es ist nur schwer vorstellbar, daß diese Länder einem Freihandelsabkommen ähnlich dem zwischen der EU und Mexiko zustimmen würden.

### **3. Zusammenfassung**

Intra- und interregionale Integration kann einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung in Lateinamerika leisten. In den 90er Jahren wurden viele Freihandelsabkommen in der Region gegründet. Allerdings hat sich auch herausgestellt, daß es oft einfacher ist, solche Abkommen zu unterschreiben als sie umzusetzen. Weitere Abkommen, darunter auch recht ehrgeizige wie die zwischen der EU und MERCOSUR sowie das FTAA, werden angestrebt. Eine Freihandelszone EU – MERCOSUR könnte große positive Auswirkungen auf beide Regionen ausüben. Die Landwirtschaft stellt aber eine ganz wesentliche Hürde dar. Es ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abzusehen, ob die EU bereit sein wird, die Zugeständnisse beim Agrarhandel zu machen, die notwendig sein werden, um die Länder MERCOSURs zu einem erfolgreichen Abschluß der Verhandlungen zu bewegen.

Es ist sogar zu befürchten, daß es der EU aufgrund der großen Belastungen der BSE- und MKS-Krisen sowie des Drucks, der durch die WTO-Verhandlungen und vor allem die Osterweiterung erzeugt wird, nicht gelingen wird, entsprechende Zugeständnisse zu machen. Dies ist zugegebenermaßen eine pessimistische Einschätzung, die – sollte sie sich bewahrheiten – mit hohen Kosten für beide Blöcke verbunden wäre. Beobachter in der EU und in MERCOSUR sind sich einig, daß die beiden Blöcke nicht weiter auseinander-, sondern näher zusammenrücken müssen. Sollte die gemeinsame Agrarpolitik der EU ein solches Zusammenwachsen letztlich verhindern, dann hätte sie wesentlich höhere Kosten verursacht, als dies ohnehin schon der Fall ist.

## Literatur

CHAIRE MERCOSUR: *Annual Report 2000*. Brüssel 2000.

CHAIRE MERCOSUR DE SCIENCES PO: *Union Européenne – MERCOSUR: Un Partenariat stratégique*. Rio de Janeiro, Juni 1999.  
(<http://www.france.diplomatie.fr/actual/evenements/rio/rio6.html>)

DEVLIN, R.: *The Free Trade Area of the Americas and MERCOSUR-European Union Free Trade Processes: Can they Learn Something from Each Other?* Intal ITD, Occasional Paper 6, Buenos Aires, Dezember 2000.

ESTEVADEORDAL, A. & E. KRIVONOS: *Negotiating Market Access between the European Union and MERCOSUR: Issues and Prospects*. Intal ITD, Occasional Paper 7, Buenos Aires, Dezember 2000.

IDB – INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK: *Integration and Trade in the Americas*. Periodic Note. Integration and Regional Programs. Washington, D.C., Oktober 1999.

KATTENBETT, M.: *EU Agricultural Trade: Trade Analysis by Product and Region: A New Approach?* EU-Kommission – Agricultural Directorate-General, Vortrag bei der Georg-August-Universität, Göttingen, 28.02.2001.

## **Grupo I: Desarrollo del Sector Agroforestal en Latinoamérica**

### **LAS ENZIMAS DEL SUELO Y SU APLICACIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE SITIOS.**

Por Jorge E. Paolini  
IVIC, Centro de Ecología, Apdo. 21827,  
Caracas 1020-A (Venezuela)  
e-mail: jpaolini@ivic.ivic.ve

#### **RESUMEN**

*En el ciclaje de nutrientes del suelo participan un sinnúmero de enzimas, las cuales transforman los elementos unidos en formas orgánicas a formas inorgánicas disponibles a las plantas.*

Las enzimas principalmente son de origen microbiano aunque también pueden derivarse de los restos de animales y vegetales. En el suelo se encuentran en diferentes estados; variando desde asociadas a los organismos vivientes (endoenzimas) hasta inmovilizadas en forma de complejos con las arcillas y las sustancias húmicas (exoenzimas o abiónticas). Debido a su origen microbiano, las actividades enzimáticas pueden ser usadas como indicadores o biosensores para detectar cambios tempranos en la biología y bioquímica del suelo causados, por ejemplo, por diferentes formas de manejo (adición de fertilizantes y pesticidas, labranza, rotación de cultivos, etc.) y por factores ambientales.

*En el presente trabajo se estudiaron las actividades enzimáticas de suelos bajo condiciones naturales del Alto Llano Central de Venezuela. Las enzimas escogidas estaban relacionadas con el ciclo del nitrógeno (ureasa y proteasa), del fósforo (fosfomonoesterasas) y la actividad biológica (deshidrogenasa).*

Los suelos bajo vegetación boscosa mostraron mayores actividades en las enzimas fosfomonoesterasa ácida, proteasa y deshidrogenasa al compararse con los suelos de vegetación natural de sabana, lo cual está asociado a una mayor fertilidad natural de los mismos. Algunas de las características fisicoquímicas ( $C_{org}$ ,  $N_{total}$ , conductividad y calcio intercambiable) se correlacionan significativamente con las actividades enzimáticas.

## INTRODUCCION

Dentro de las transformaciones biológicas que tienen lugar en el suelo se sabe que las enzimas, y la actividad que éstas desarrollan juegan un papel relevante (Burns, 1978).

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores orgánicos, transformando sustancias orgánicas e inorgánicas sin experimentar cambios en sí. Ellas disminuyen la energía de activación de las reacciones bioquímicas y permiten que las mismas se produzcan a temperaturas y presiones a las que normalmente no tendrían lugar.

Una parte de las enzimas del suelo son, sin duda, extracelulares siendo liberadas durante el metabolismo y muerte celular; otras son intracelulares, formando parte de la biomasa microbiana. También existen enzimas inmovilizadas que son las que pueden mantener un nivel constante y estable de la actividad enzimática en el suelo, independiente de la proliferación microbiana y de las formas usuales de regulación de la síntesis y secreción de enzimas. Este tipo de enzimas inmovilizadas pueden permanecer unidas a coloides minerales (arcillas) u orgánicos (sustancias húmicas) siendo muy resistentes a los procesos de desnaturalización.

Nannipieri et al. (1990) indicaron que las actividades enzimáticas son específicas de un sustrato y están relacionadas con reacciones específicas. Por ello es difícil inferir, mediante un solo valor de actividad enzimática, el conocimiento del estado general de nutrientes de un suelo o determinar la actividad microbiológica del mismo. Sin embargo, las mediciones simultáneas de varias enzimas sí pueden resultar útiles como marcadores de bioactividad y pueden utilizarse como índices de fertilidad bioquímica de los suelos (Gil Sotres et al., 1992).

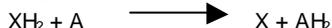
De las enzimas determinadas en suelos, las hidrolasas son las más estudiadas, si bien también lo han sido otros grupos entre las que se pueden citar a las oxidoreductasas, liasas y transferasas. Muchas de ellas están relacionadas a los ciclos de elementos tan importantes como el carbono (celulasas,  $\beta$ -glucosidasa), nitrógeno (ureasa y proteasa), fósforo (fosfatasa) y azufre (arilsulfatasa).

Las determinaciones de actividades enzimáticas han sido utilizadas con diferentes propósitos en los estudios realizados sobre el tema: como indicadores de la productividad, como medida indirecta de la biomasa microbiana, para comparar los efectos de la rizósfera, como índice potencial del suelo para descomponer distintos materiales orgánicos (por ejemplo composts, residuos orgánicos, lodos activados, etc.), como indicadores de posible contaminación con metales pesados o pesticidas, etc. (Burns, 1982; Dick, 1992; Dick y Tabatabai, 1993).

A continuación procederemos a discutir algunas de las características de las enzimas estudiadas en este trabajo:

### 1. Actividad deshidrogenasa

Se considera que la actividad deshidrogenasa se produce de manera intracelular y que esta asociada a los procesos respiratorios de los microorganismos, por ello se estima que es más dependiente del estado metabólico y de la actividad biológica general que cualquiera de las demás enzimas presentes en el suelo. De esta manera ha sido utilizada como un indicador de la actividad microbiana del suelo (Nannipieri et al., 1990). La medida de esta actividad enzimática en el suelo comprende distintos sistemas de deshidrogenasas, involucradas en la oxidación biológica de compuestos orgánicos mediante procesos de deshidrogenación, representadas por la siguiente reacción:



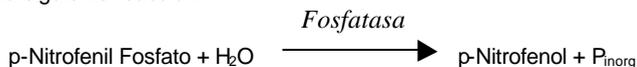
Donde  $XH_2$  es un compuesto orgánico (donador de hidrógenos) y A es un aceptor de hidrógenos.

Este tipo de reacciones supone la existencia de un aceptor de electrones que en nuestro caso, es una sal de tetrazolio (TTC, cloruro de trifeniltetrazolio) la cual será reducida a la correspondiente sal de formazano coloreada e insoluble en agua, y después se extraerá con un disolvente orgánico (p. ej. metanol). La medida colorimétrica de la cantidad de sustrato transformado en trifenilformazano, cuantificará la actividad deshidrogenásica.

### 2. Actividad de las fosfatasas

La disponibilidad del fósforo para los cultivos depende, en gran parte de la mineralización que experimenten las diferentes fracciones orgánicas, por lo que las enzimas fosfatasas del suelo tendrán un papel importante en las reacciones que tengan en dicho proceso. Las fosfatasas son enzimas inducibles y la intensidad de su excreción por las raíces de las plantas y los microorganismos, obviamente esta determinada por sus requerimientos de fosfatos de éstos. En general, los cambios producidos sobre estas enzimas por la aplicación de fertilizantes se deben a un aumento de los microorganismos del suelo y a un mayor desarrollo de la planta, lo que conlleva un incremento de la materia orgánica y de la actividad enzimática (Speir y Ross, 1978).

La determinación de la actividad de la fosfatasa en los suelos se realiza con sustratos artificiales de hidrólisis rápida como el p nitrofenolfosfato (p-NFF), el cual se hidroliza a p nitrofenol (p-NF) desarrollando un color amarillo en medio básico susceptible a la determinación colorimétrica (Tabatabai, 1994), tal como se describe en la siguiente reacción:



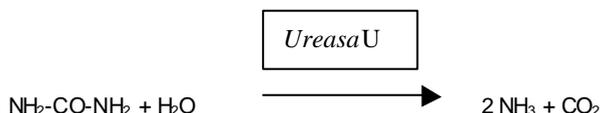
Las fosfatasas poseen dos intervalos óptimos de pH para realizar su actividad catalítica y habitualmente se refieren a fosfatasas ácidas y fosfatasas alcalinas. Tabatabai (1994) indica que la fosfatasa ácida es producida tanto por bacterias, hongos y actinomicetos, como por

las raíces de las plantas. Sin embargo, éstas no producen fosfatasa alcalinas, siendo totalmente de origen microbiano.

### 3. Actividad de la ureasa

La enzima ureasa cataliza la reacción de hidrólisis de la urea a amonio y dióxido de carbono, y se encuentra presente en plantas superiores y en los microorganismos (particularmente las bacterias). Bajo el nombre común de ureasas se aglutinan numerosas amidohidrolasas e hidrolasas que actúan sobre enlaces C-N (no peptídicos) de amidas lineales.

La reacción catalizada por esta enzima puede ser representada por la siguiente reacción:



Durante largo tiempo, esta enzima ha sido objeto de numerosos estudios, puesto que afecta a las reacciones de uno de los fertilizantes nitrogenados más utilizados en la agricultura, como lo es la urea. Su presencia en los suelos, mayoritariamente, tiene un origen microbiano, liberada tanto por células vivas como por células microbianas que se han desintegrado. Sin embargo, es evidente que esta enzima debe de estar asociada y protegida por los constituyentes del suelo ya que de otra manera sería rápidamente degradada o inactivada (Bremner y Mulvaney, 1978).

La actividad ureásica es afectada por la naturaleza de la cobertura vegetal y además fluctúa a lo largo del tiempo. Aquellos suelos que soportan densas poblaciones vegetales tienden a presentar altos niveles, los cuales pueden ser modificados por cambios de vegetación.

### 4. Actividad de la proteasa

Las proteasas catalizan la hidrólisis de las proteínas a polipéptidos y la de oligopéptidos a aminoácidos, por lo que están involucradas en el ciclo del nitrógeno. De acuerdo a Nannipieri et al. (1979) la actividad proteásica tiene un origen inducido por la proliferación de las poblaciones microbianas que realizan una síntesis de esta enzima, la cual posteriormente disminuye por tener una corta vida en el suelo. Así como otras enzimas, ésta puede considerarse dependiente de la biomasa microbiana, por ello valores bajos en esta actividad se asocian a una baja actividad microbiológica del suelo. Para el ensayo de la actividad proteolítica del suelo se usan como sustratos generalmente proteínas de elevado peso molecular, como por ejemplo, caseína y gelatina y se determinan los aminoácidos liberados espectrofotométricamente con el reactivo Folin-Ciocalteu o

en su defecto con sustratos sintéticos de bajo peso molecular como la  $\alpha$ -benzoil-arginamida y el amonio liberado se determina con electrodos sensitivos a iones o colorimétricamente.

El presente trabajo tiene como objetivo, evaluar la actividad de varias enzimas (deshidrogenasa, fosfomonoesterasa ácida, ureasa y proteasa) en suelos del Alto Llano Central venezolano y establecer algunas relaciones entre las actividades enzimáticas y las propiedades químicas del suelo.

#### MATERIALES Y METODOS

Dos toposecuencias contiguas de suelos fueron seleccionadas en el área de Calabozo (Edo. Guárico) (ver Tabla 1). La selección de los suelos se llevo a cabo de acuerdo al tipo de vegetación predominante (sabana o bosque); información detallada puede ser consultada en Montes y San José (1995).

Las propiedades químicas de los suelos fueron determinadas por los métodos clásicos de análisis y los ensayos enzimáticos de acuerdo a las metodologías descrita por Tabatabai (1994) y Ladd y Butler (1972).

Tabla 1. Formas de Paisaje y clasificación de los suelos estudiados

Sitio	Paisaje	Clasificación de suelos	Vegetación
CAL 1	Mesa disectada de Calabozo	Haplustox	Sabana
CAL 2	Mesa disectada de Calabozo	Haplustox	Sabana
MAT	Mesa disectada de Calabozo	Haplustox	Bosque semideciduo
BGAL	Planicie aluvial del río Orituco	Haplustalf	Bosque de Galería mixto
PAL	Planicie aluvial del río Orituco	Chromuster	Palmar
BAJIO	Planicie aluvial del río Orituco	Tropaquult	Sabana inundable
BEC 1	Planicie aluvial del río Orituco	Haplustox	Sabana
BEC 2	Planicie aluvial del río Orituco	Haplustox	Sabana

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos de las propiedades químicas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades químicas de los suelos.

Suelo	pH	C	Nt	Pt	Cond	Ca	Mg	Na	K	Al	H
		(%)	(%)	mg kg <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>					
CAL1	5,55	0,52	0,050	86	13	0,58	0,40	0,01	0,02	0,10	0,10
CAL2	5,20	0,48	0,049	121	13	0,61	0,45	0,02	0,07	0,15	0,01
MAT	5,70	1,68	0,230	108	74	5,09	1,49	0,02	0,27	0,06	0,00
BGA	4,82	0,99	0,108	256	21	0,81	1,01	0,03	0,03	0,64	0,24
PAL	5,60	1,35	0,147	92	14	1,25	3,37	0,23	0,12	0,71	0,43
BAJ	4,85	1,08	0,130	117	15	1,03	2,73	0,23	0,15	4,48	1,16
BEC1	4,85	1,00	0,108	53	14	0,21	0,15	0,02	0,03	1,09	0,61
BEC2	4,65	1,35	0,142	74	14	0,24	0,21	0,02	0,02	1,75	1,15

Todos los suelos presentan un pH ácido, entre 4,8 y 5,7. El contenido de carbono orgánico varió de 0,48% a 1,68 % y, nitrógeno total de 0,05 a 0,23 %. Los valores más altos corresponden al suelo de la comunidad boscosa de la Mesa disectada de Calabozo (MAT) y los más bajos a las sabanas dominadas por las especies de *Axonopus* y *Trachypogon* (CAL 1 y CAL 2). En todos los suelos, los cationes intercambiables fueron extremadamente bajos e inferiores a los niveles críticos para muchos cultivos. El bajo status de nutrientes de los suelos, junto con otras condiciones desfavorables como el fuego y la distribución estacional de la precipitación, limitan la productividad vegetal y hacen las sabanas inadecuadas para los cultivos, y en la mayoría de los casos su uso esta restringido a la ganadería extensiva pero con una baja carga animal de 0,1 UA ha<sup>-1</sup> en promedio.

En la Tabla 3 se muestran los valores de las actividades enzimáticas de los suelos estudiados. Estas son similares a los encontrados para suelos naturales o agrícolas.

Los suelos estudiados presentan diferencias, la mayor variación fue para la ureasa (max/min = 17,2) y la menor para la fosfomonoesterasa ácida (max/min = 5,3). El suelo bajo bosque de la Mesa disectada de Calabozo (MAT) mostró los valores más altos de fosfomonoesterasa ácida, proteasa y deshidrogenasa coincidente con el hecho de que éste presenta una mejor condición de fertilidad que los otros.

Tabla 3. Actividades enzimáticas de los suelos estudiados.

Suelo	Deshidrogenasa	Ureasa	Fosfatasa ácida	Proteasa
	$\mu\text{g TFF g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$	$\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$	$\mu\text{g p-NF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$	$\mu\text{g tirosina g}^{-1} \text{ h}^{-1}$
CAL 1	252	8	103	5
CAL 2	427	16	177	9
MAT	618	16	545	55
BGAL	270	7	197	14
PAL	195	86	258	15
BAJIO	47	8	179	16
BEC 1	193	5	248	10
BEC 2	254	19	390	19

#### DESHIDROGENASA

La actividad de la deshidrogenasa (DH) en los suelos estudiados varía de 47 a 618  $\mu\text{g TFF g}^{-1} \text{ suelo } 24 \text{ h}^{-1}$  (media 282). El suelo bajo vegetación de bosque en la Mesa disectada de Calabozo (MAT) presenta la actividad más alta, en cambio en el suelo de bajo o sabana estacional inundable (BAJ) la más baja. Este último muestra los valores más altos de aluminio e hidrógeno intercambiable. Los niveles de actividad DH en los suelos de Venezuela son comparables

a los encontrados por Kulinska et al. (1982) y Baligar et al. (1999) en suelos del cerrado brasileño con una vegetación similar a la de Los Llanos y en otros países tropicales como India (Bopaiah & Shekara, 1991; Sethi et al., 1990) y Costa de Marfil (Bauzon et al., 1977).

La actividad deshidrogenásica correlaciona significativamente con la conductividad ( $r = 0,78$ ), el calcio intercambiable ( $r = 0,72$ ), la actividad proteásica ( $r = 0,69$ ) e inversamente con el aluminio ( $r = - 0,69$ ) y el hidrógeno intercambiable ( $r = - 0,70$ ).

#### FOSFOMONOESTERASA ÁCIDA.

Los niveles de la fosfomonoesterasa ácida de los suelos de las toposecuencias son comparables a los observados en otros tipos de suelos. El valor más alto fue hallado para el suelo bajo vegetación de bosque (MAT) y el más bajo corresponde a un suelo bajo vegetación típica de sabana (CAL 1).

Así en Venezuela para suelos de sabana Paolini & España (1998) encuentran valores comprendidos entre 72 y 160  $\mu\text{g p-NF g}^{-1}$  suelo  $\text{h}^{-1}$  y López-Hernández y colaboradores (1989) entre 78 y 323  $\mu\text{g p-NF g}^{-1}$  suelo  $\text{h}^{-1}$ . Contreras et al. (1996), obtienen para suelos agrícolas degradados enmendados con abonos verdes bajo mínima labranza, valores comprendidos entre 53 y 89  $\mu\text{g p-NFg}^{-1}$  suelo  $\text{h}^{-1}$ . En Brasil Kulinska et al. (1982) reportan valores entre 181 y 905  $\mu\text{g p-NF g}^{-1}$  y Baligar et al. (1999) entre 55 y 289  $\mu\text{g p-NF g}^{-1}$ .

La actividad de la fosfomonoesterasa ácida correlaciona significativamente con el carbono orgánico ( $r = 0,86$ ), el nitrógeno total ( $r = 0,89$ ), la conductividad ( $r = 0,80$ ), el calcio intercambiable ( $r = 0,74$ ) y la actividad proteásica ( $r = 0,90$ ).

#### UREASA

Los valores de la actividad ureásica varían entre 5 y 86  $\mu\text{g N-NH}_4 \text{g}^{-1}$  suelo.  $\text{h}^{-1}$  (media 21), la actividad más alta fue observada para el suelo de palmar (PAL) y la más baja para el suelo de sabana de la Mesa disectada de Becerra (BEC 1). A excepción del más alto, los valores observados coinciden con los reportados para suelos de sabana en otras áreas tropicales (Bauzon et al., 1977; Kulinska et al., 1982 y Baligar et al., 1999).

La actividad de la ureasa no muestra ninguna correlación ni con los parámetros fisicoquímicos ni con ninguna otra enzima.

#### PROTEASA (CASEINASA)

Los niveles de la enzima proteasa varían de 5 a 55  $\mu\text{g tirosina g}^{-1}$  suelo.  $\text{h}^{-1}$  (media 18). El más alto se observó en el suelo bajo vegetación de bosque en la mesa disectada de Calabozo (MAT). A diferencia de las otras enzimas estudiadas, la disponibilidad de datos en suelos tropicales no es tan abundante; sin embargo, los valores observados son también similares a los encontrados por otros autores en suelos de las zonas templadas (Klein & Koths, 1980; Ross & McNeilly, 1975).

La proteasa mostró una fuerte correlación con el carbono orgánico ( $r = 0,78$ ), el nitrógeno total ( $r = 0,89$ ), la conductividad ( $r = 0,96$ ) y el calcio intercambiable ( $r = 0,95$ ) al igual que la fosfomonoesterasa ácida y adicionalmente con el potasio intercambiable ( $r = 0,85$ ).

A través de un análisis de componentes principales con rotación Varimax se relacionaron las propiedades químicas de los suelos y las actividades enzimáticas con el objeto de determinar la factibilidad de utilizar estas últimas como indicadores de la actividad biológica de los suelos del Alto Llano Central de Venezuela.

El primer componente principal explica un 49,7 % de la varianza total de los datos, y esta asociado a la fertilidad química y biológica del suelo dado que entre los parámetros que tuvieron altas saturaciones podemos incluir al carbono orgánico, nitrógeno total, conductividad, calcio intercambiable, potasio intercambiable y las actividades de la fosfomonoesterasa ácida y la proteasa. El segundo componente principal explica 21,9 % de la varianza total y representa la acidez del suelo ya que se encuentra asociado al pH, el hidrógeno intercambiable y el aluminio intercambiable. La actividad deshidrogenásica tiene, también una alta saturación.

El tercer componente principal incluye 13,5 % de la variables originales y muestra una alta saturación en el magnesio intercambiable, el sodio intercambiable y la actividad ureásica. El cuarto componente principal contiene apenas 8,5% de la varianza total y se correlaciona con el fósforo total.

#### CONCLUSIONES

1. Las actividades enzimáticas de las dos toposecuencias en el Alto Llano Central de Venezuela son comparables a las reportadas anteriormente para suelos bajo vegetación natural y suelos agrícolas.
2. Los suelos bajo vegetación de sabana presentan los valores más bajos, comparados con su contraparte de vegetación boscosa.
3. Algunas características químicas correlacionaban significativamente con las actividades enzimáticas.

#### AGRADECIMIENTO

El autor agradece a la Fundación Alexander von Humboldt (Alemania) el apoyo financiero para la participación en el Seminario Taller "Estudios de Postgrado para Profesionales Latinoamericanos: Retos y Posibilidades de Cooperación Científica a Nivel Regional y Supraregional para un Desarrollo Sostenible" en San José, Costa Rica (19 al 23 de marzo del 2001).

## REFERENCIAS

- Baligar, V.C., R.J. Wright, N.K. Fagenia & G.V.E. Piha (1999) Enzyme activities in Cerrado soils of Brazil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30(9 & 10): 1551-1560.
- Bauzon, D., A.M. Aubry, R. Van den Driessche & Y. Dommergues (1977) *Contribution á la connaissance de la biologie des sols de la savane de Lamto, Côte d'Ivoire* *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 14: 343-361.
- Bopaiah, B.M. & H. Shekara Shetty (1991) Soil microflora and biological activities in the rhizospheres and root regions of coconut based multistoreyed cropping and coconut monocropping system. *Soil Biol. Biochem.* 23: 89-94.
- Bremner, J.M. & R.L. Mulvaney (1978) Urease activity in soils. Pp. 149-196. En: *Soil Enzymes*. Burns, R.G. (Ed.), Academic Press, New York.
- Burns, R.G. (1978) Enzyme activity in soil. Some theoretical and practical considerations. Pp. 295-340. En: *Soil enzymes*, Burns R.G. (Ed.), Academic Press, New York..
- Contreras, F., C. Rivero & J. Paolini (1996) *Efecto del uso de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la fosfatasa ácida de un Alfisol*. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 22: 139-149.
- Dick, R.P. (1992) A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agric. Ecosys. Environ.* 40: 25-36.
- Dick, W.A. & M.A. Tabatabai (1993) Significance and potential uses of soil enzymes. Pp. 95-127. En: *Soil Microbial Ecology. Applications in agricultural and environmental management*. Blaine, F. (Ed.) Marcel Dekker, New York.
- Gil Sotres, F., M.C. Trasar-Cepeda, C. Ciardi & B. Ceccanti (1992) Biochemical characterization of biological activity in very young mine soils. *Biol. Fertil. Soils* 13: 25-30.
- Klein, T.M. & J.S. Koths (1980) Urease, protease and acid phosphatase in soil continuously cropped to corn by conventional or no-tillage methods. *Soil Biol. Biochem.* 12: 293-294.
- Kulinska, D., V.L.L. Camargo & A. Drozdowicz (1982) Enzyme activities in "Cerrado" soils in Brazil. *Pedobiologia* 24: 101-107.
- Ladd, J.N. & J.H.A. Butler (1972) Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.* 4: 19-30.
- López-Hernández, D., M. Niño, P. Nannipieri & J.C. Fardeau (1989) Phosphatase activity in *Nasutitermes* ephrate termite nests. *Biol. Fertil. Soils* 7: 134-137.
- Montes, R. & J.J. San José (1995) Vegetation and soil analysis of toposequences in the Orinoco Llanos. *Flora* 190: 1-33.

- Nannipieri, P., S. Grego & B. Ceccanti (1990) Ecological significance of the biological activity in soil. Pp. 293-355. En: Soil Biochemistry, Vol. 6. Bollag J-M. and G. Stotzky (Eds.), Marcel Dekker, New York.
- Nannipieri, P., F. Pedrazzini, P.G. Arcara & C. Piovanelli (1979) Changes in amino acids, enzyme activities, and biomasses during soil microbial growth. Soil Sci. 127: 26-34.
- Paolini, J. & M. España (1998) Phosphatase activity in savanna soils. Proceedings of the 16 th World Congress of Soil Science. Montpellier (France), August 1998.
- Ross, D.J. & B.A. McNeilly (1975) Studies of a climosequence of soils in tussock grasslands. 3. Nitrogen mineralization and protease activity. New Zealand J. Sci. 18: 361-375.
- Sethi, V., A. Kaushik & R. Khatri (1990) Soil dehydrogenase activity and nitrifier populations in relation to different soil-plant associations. Trop. Ecol. 31: 112-117.
- Speir, T.W. & D.J. Ross (1978) Soil phosphatase and sulphatase. Pp. 176-250. In: Soil enzymes (Burns, R.G., Ed.) Academic Press, New York.
- Tabatabai, M.A. (1994) Soil enzymes. Pp. 775-833. En: Methods of soil analysis. Part. 2 Microbiological and biochemical properties. Mickelson S.H. & J.M. Bigham (Eds.) SSSA Book Series, no. 5, Madison, WI.

**EL SEGUIMIENTO DE TROZAS**  
**Una Exigencia del Mercado Europeo y**  
**Una Herramienta de la Sostenibilidad en América Latina<sup>1</sup>**

Ricardo Roca Steverlynck  
Ing. MSc. Agr.  
Viceministerio de Inversión Pública y  
Financiamiento Externo (VIPFE)  
del Gobierno de Bolivia.

**RESUMEN**

Este documento identifica el sistema de seguimiento de trozas en una manera holística que se necesita necesariamente para (i) capturar réditos fiscales o (ii) control del Manejo Forestal Sostenible (MFS) o (iii) control ambiental o (iv) verificación de la certificación/etiquetado de la producción forestal mediante la cadena de custodia o – de último pero no menos importante - (v) como uno fortalecimiento tecnológico de la ley forestal y de medio ambiente. La prevención, detección y supresión de los crímenes forestales son las actividades del fortalecimiento tecnológico de la ley. La prevención es la actividad más barata del fortalecimiento tecnológico de la ley, porque el sistema de seguimiento de trozas propuesto disuadirá a personas de seguir en sus actividades ilegales debido a la fácil detección. Por otra parte, los costos del sistema de seguimiento de trozas serán cubiertos por la captura más eficiente del rédito fiscal directo en la fuente (lugar de tala) así como por los indirectos que se capturarán durante el mismo proceso aguas abajo, el transporte y la exportación de los productos forestales de valor agregado. El seguimiento de trozas es compartido por actividades institucionales, dirigidas por el mercado y controladas por ONG's y forman una cadena de control cerrada desde el sitio de tala del MFS, hasta la misma área del bosque, incluyendo el control del rendimiento de los planes de manejo forestal aprobados. Las trozas no etiquetadas que sean detectadas serán confiscadas y ejecutadas. El sistema de etiquetas plásticas para trozas de "número doble" propuesto será un muy importante - y a menudo la única "evidencia legal para seguir los crímenes de falsificación, paso de contrabando y otros. Los criterios principales para la identificación del producto, la segregación y la toma de registros se describen tomando

---

<sup>1</sup> Documento preparado en base a la experiencia de CMF Consulting (Alemania) para el Seminario Internacional „Estudios de Posgrado para Profesionales Latinoamericanos: Retos y Posibilidades de Cooperación Científica a Nivel Regional y Supraregional para un Desarrollo Sostenible“, San José, Costa Rica, marzo, 2001.

fuertemente modelos de estándares de certificación / cadena de custodia del Consejo de Administración Forestal (CAF) (dependiente pero autónoma de la Super Intendencia Forestal) para el etiquetado de productos forestales que vienen de bosques bien y sosteniblemente manejados. Finalmente las herramientas serán demostradas durante el evento.

## SUMMARY

This paper identifies the log tracking system in a holistic way which is compulsorily needed either for (i) capturing state revenue or (ii) control of sustainable forest management (SFM) or (iii) environment control or (iv) verification of certification/labeling of forest productions by the chain of custody or - last not least - (v) as a law enforcement technology. Prevention, detection and suppression of forest crimes are the activities of the law enforcement technology. Prevention is the cheapest activity in the law enforcement technology because the log tracking system proposed will deter persons from pursuing their illegal activities because of easy detection. Moreover, the costs of the log tracking system will be covered by the more efficient capturing of direct state revenue at the source (felling site) as well as by the indirect ones to be captured during downstream processing, transportation and export of value-added forest products. Log tracking is shared by institutional market-driven and NGO controlled activities and forms a closed control chain from the felling site of SFM back to the same forest area including the performance control of approved forest managed plans. Unlabeled logs being detected will be confiscated and auctioned. Proposed "double-number" log labeling plastic tags will be a very important - and often the only - legal evidence for pursuing faking, smuggling or other forest crimes. Principal criteria for product identification, segregation and record taking are described taking strongly patterns from the FSC (Forest Stewardship Council) (Super Forest Intendency) certification/ chain of custody standard for labeling forest products coming from well and sustainable managed forests. Finally log making tools were demonstrated at the event.

## I. INTRODUCCIÓN

La preocupación de un Desarrollo Sostenible, ha llevado, a principios de la década anterior, a serios cambios en la estructura gubernamental, creándose Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y promulgándose Leyes que regulen su funcionamiento y el que hacer ciudadano en pos de la utilización y el manejo racional de los Recursos Naturales.

Sin embargo a casi una década del inicio de la implementación de la Ley Forestal y del Medio Ambiente, se hace necesario un fortalecimiento tecnológico para la consolidación de la aplicación de la ley forestal y del medio ambiente. La reglamentación de las leyes, carecen de los sistemas de control necesarios y adecuados, que garanticen la aplicación de la ley como fue concebida, claros ejemplos se observan en las distintas denuncias de crímenes forestales y denuncias de corrupción, que han llevado a la intervención de la Super Intendencia Forestal Regional de La Paz el pasado mes de enero del 2001.

La disposición de los recursos naturales es, al igual que el índice de tala indiscriminada y de degradación de los bosques, altamente significativa.

El registro ilegal, el cuartoneo<sup>2</sup>, y otros crímenes forestales contribuyen a esta destrucción y son, por lo tanto, una preocupación importante.

Los numerosos estudios, incluyendo informes de grupos ambientales, han documentado el índice de crimen forestal y de sus impactos negativos sociales, ambientales, y económicos asociados a estos crímenes forestales.

### **OBJETIVOS**

El objetivo principal de este documento, es presentar una propuesta técnica que permita:

---

<sup>2</sup> Es la tala de madera con motosierra, es una actividad ilegal en la cual se involucra principalmente la gente que no tiene empleo. Pero también están los intermediarios, que son los verdaderos traficantes, ya que incentivan la actividad al comprar el producto.

- La corrección del incidente económico actual de rédito fiscal que se captura en registros y la exportación ilegal de trozas y madera de construcción;
- atenuar los impactos negativos para el medio ambiente como la destrucción de áreas de bosque protegidas, y la correspondiente pérdida y amenaza a la preservación de la biodiversidad de flora y fauna;
- revertir los impactos sociales negativos actuales que afectan a gente que depende del bosque;
- revisión de los costos de la tala ilegal y el comercio de productos forestales;
- identificar las causas principales de la tala ilegal y los crímenes forestales;
- revisión de estrategias alternativas para el fortalecimiento de la ley forestal y recomendación de acciones a nivel nacional y regional para la reducción de la vulnerabilidad al crimen forestal;
- integrar completamente el fortalecimiento de la ley en el proceso de planificación y programas de manejo forestal.

## ESTRATEGIA

La estrategia del fortalecimiento de la ley forestal considera **acciones directas** como:

- desarrollo de organizaciones escalonadas;
- la aplicación de barras codificadas y o adhesivos micro - rastreadores pintados para el registro de trozas
- consolidación de la vigilancia terrestre; fluvial y digital de las operaciones del bosque, y
- establecimiento de un proceso independiente de certificación/verificación que reforzaría los esfuerzos del gobierno y aseguraría una mayor transparencia en el seguimiento del manejo forestal sostenible (MFS).

Por otra parte, **otras** - pero no menos importantes - metas de las estrategias son:

- asegurar el beneficio equitativo del aprovechamiento del bosque, en especial las mismas oportunidades para el aprovechamiento legal dentro de los límites de la concesión, para el bienestar de las comunidades que dependen del bosque;
- involucrar a las comunidades locales en la responsabilidad del seguimiento de operaciones forestales ilegales;
- hacer que el sector concesionario privado asuma la responsabilidad para adherirse a códigos de aprovechamiento forestal aceptables, manejo forestal y reducción de la tala ilegal y otros crímenes forestales dentro de las áreas de concesión así como medidas prácticas; e

- introducción de un sistema bien definido de Manejo y Planificación de Concesiones.

Debe ser enfatizado que el seguimiento de trozas NO está limitado al fortalecimiento de la aplicación de la Ley Forestal, sino que se relaciona también con otras actividades forestales y de protección del medio ambiente que son funciones del estado, puesto que esta visión holística contiene los efectos sinérgicos a considerar en el fortalecimiento de la Ley Forestal.

Por lo tanto, este documento de trabajo identifica el papel del *seguimiento de trozas* en una visión holística, resultando encontrar que la tecnología del seguimiento de trozas - de todos modos – será necesaria para otras metas forestales del MFS<sup>6</sup>, organización del medio ambiente y la biodiversidad, y la cadena de custodia, lo último para la verificación de la certificación de productos forestales y su etiquetado, necesario para garantizar su procedencia.

## II. EL SEGUIMIENTO DE TROZAS

### Generalidades<sup>7</sup>

El seguimiento<sup>8</sup> se hace sobre todo para:

- la captura de **rédito fiscal directo**;
- organización del **medio ambiente** y la biodiversidad
- **manejo sostenible del bosque (MFS) y su organización**, y
- **la certificación y verificación (cadena de custodia)** de los productos forestales como base confiable para la organización de MFS y la protección del medio ambiente y crear la **credibilidad** en los mercados<sup>9</sup>.

Como efecto secundario, el seguimiento, ayuda básicamente al fortalecimiento de la ley forestal para: **prevenir, detectar y suprimir** crímenes forestales, si se llega a aplicar la codificación/numeración en la fuente/sitio de acopio y el registro centralizado de cada troza acopiada. Además, el seguimiento de las trozas numeradas/codificadas y de sus productos derivados a través del proceso primario y aguas abajo - dondequiera que sea posible -

<sup>6</sup> Manejo Sostenible del Bosque. (Sustainable Forest Management).

<sup>7</sup> Ver Diagrama 1 „Seguimiento de Trozas“

<sup>8</sup> incluido el seguimiento de productos no maderables en el sentido amplio

<sup>9</sup> A propósito, la carencia actual de tal credibilidad es la razón principal para que en el pasado - y en gran parte hoy en día – haya una pobre aceptación de la certificación en el mercado global.

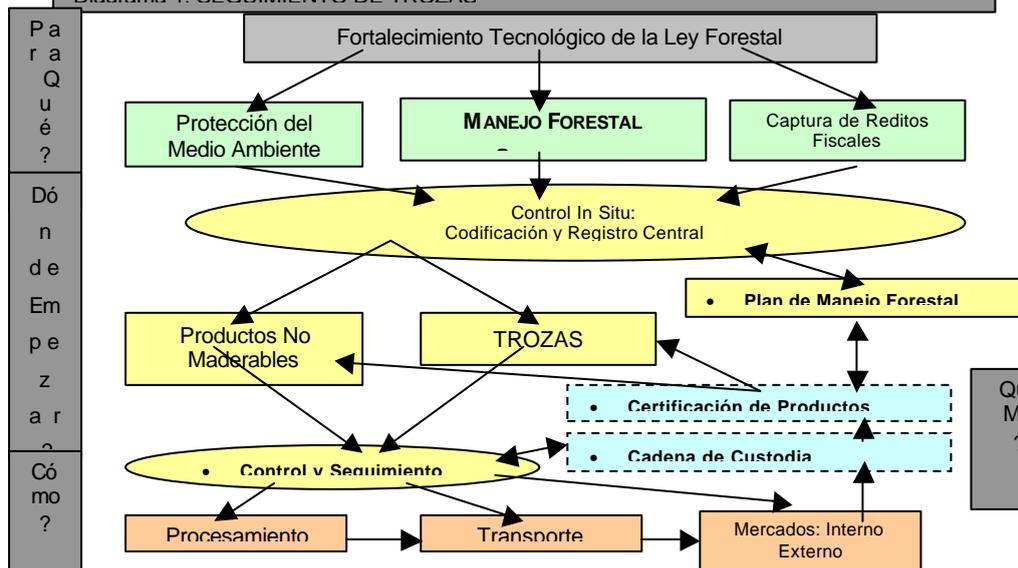
contribuye eficientemente para capturar también el **crédito fiscal indirecto** para el estado.

El *seguimiento de trozas avanzado* - en el contexto de fortalecimiento tecnológico de la ley – concierne a la organización:

- en la fuente, es decir inmediatamente después de la tala o – más tarde - en punta de camino, o a la orilla del río, antes del transporte, incluye la **codificación y registro central** del código/número, diámetro, longitud, especie, clase, etc. a nivel nacional/regional, y -
- en el proceso de trozas y productos derivados, transporte, y en las entradas a los mercados doméstico y de exportación.

Por otra parte, la **certificación** de los productos forestales y de **su verificación (cadena de custodia)** requiere **obligatoriamente** la codificación y el registro central de las trozas, para crear la **credibilidad y aceptación** del sistema de certificación y verificación con respecto al origen de los productos forestales de **bosques manejados en forma sostenible** dentro de un ambiente ecológico y social.

Diagrama 1: SEGUIMIENTO DE TROZAS



### Operaciones en el Seguimiento de trozas:<sup>10</sup>

El título de “operaciones en el seguimiento de trozas” significa una coherencia y dinámicas holísticas que involucra a las áreas institucionales, las áreas controladas por el mercado y el área de ONG’s como:

- el área **institucional** (verde claro) incluye como metas principales (i) la captura del rédito (directo), (ii) protección del ambiente y la biodiversidad y (iii) el manejo sostenible del bosque (MFS); al último se adjunta el Plan de Manejo Forestal en base al cual se realiza la producción de trozas y productos no maderables; por otra parte, la codificación/numeración y el registro central de productos/trozas es hecho por una institución nacional o es delegado a los certificadores internacionales;
- el área **dirigida por del mercado** (amarillo claro) incluye los procesos primarios, secundarios y terciarios, el transporte y la comercialización del producto; debe hacerse hincapié que la parte de la producción de trozas podría considerarse también como parte del mercado;
- el área **controlada por ONG** (azul claro) incluye la cadena de custodia y la certificación de la producción forestal; otra vez aquí, la cadena de custodia tiene un fuerte componente dirigido por el mercado, y más cuando – al margen del origen del producto – la certificación del volumen y calidad de los productos – principalmente para exportación – están involucrados; se asegura que **el mercado corra directamente con los costos de la cadena de custodia**; por supuesto, la certificación de la producción forestal está también influenciada por las instituciones.

### Procesos de Comunicación/Información<sup>11</sup>

El correspondiente diagrama muestra **dos diferentes líneas** de comunicación e información, uno concentrado en maximizar la captura de réditos fiscales (directos e indirectos) y otro enfocado en el seguimiento de trozas, registro, verificación (cadena de custodia) certificación y organización del MFS para cada concesión forestal, y – por último pero no menos importante - prevención, detección y supresión del crimen forestal.

---

<sup>10</sup> ver Diagrama 2: „Operaciones en el Seguimiento de Trozas“

<sup>11</sup> ver Diagrama 3: „Seguimiento de Trozas, Procesos de Comunicación/Información“

### III. ORGANIZACIÓN OPERATIVA DETALLADA<sup>12</sup>

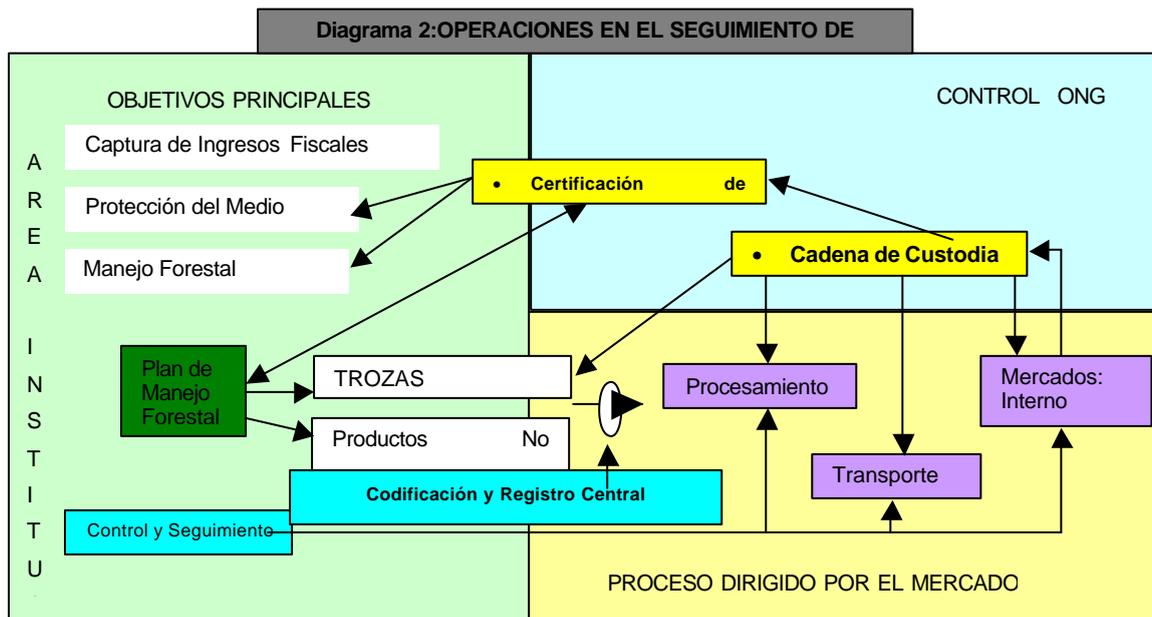
#### Generalidades

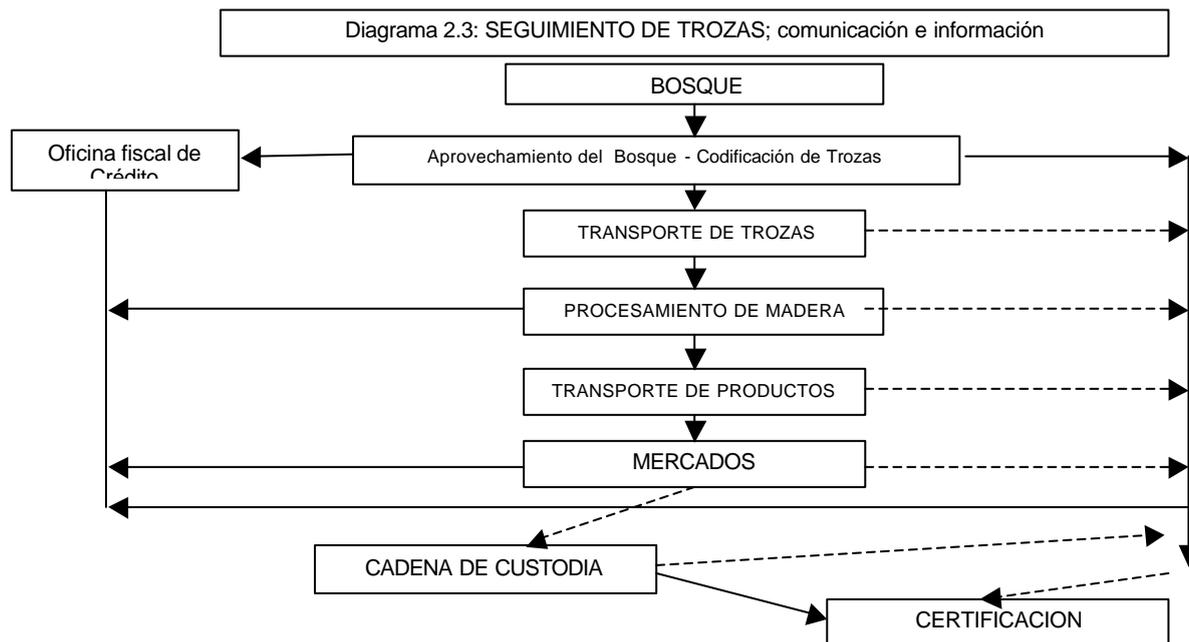
**El etiquetado (cadena de custodia)** es una de las acciones directas más importantes dentro de la estrategia de fortalecimiento de la ley forestal y - por supuesto - dentro de un proceso independiente de certificación / verificación. Un certificado de la calidad del manejo forestal se concede a los que puedan demostrar que sus bosques están siendo bien manejados, y que **muestran verdadero interés a largo plazo de mejorar el manejo forestal sostenible.**

Al momento las distancias físicas entre los productores y los consumidores son grandes; y los productos forestales pueden pasar a través de muchas manos en su recorrido del bosque al punto final de venta. Los consumidores necesitan contar con un seguro, que los productos de bosque que reciben son genuinos de un bosque específico. La inspecciones de la cadena de custodia apuntan a **proveer a los consumidores (mercado) esta garantía y a construir la credibilidad necesaria en los mercados .**

---

<sup>12</sup> muchos de los requisitos mencionados están de acuerdo a las reglas de la FSC descritas en „The Forest Certification Handbook“, Christopher Upton and Stephen Bass, Earthcan Publications Ltd, London; adicionalmente, experiencias ganadas por CMF Consulting han enriquecido estos aspectos.





Llega a ser obvio que - al mismo tiempo - el etiquetado contribuye básicamente a prevenir, detectar y suprimir la tala ilegal y otros crímenes forestales. Aquí debe ser hacerse hincapié que la prevención de cualquier crimen es mucho **más barata** que la detección o aún más que la supresión. Además, el sistema de etiquetado y seguimiento debe ser llevado a cabo y **pagado al mejorar el estado económico actual mediante la captura de réditos fiscales**. Por otra parte, ayudará decisivamente a:

- la organización y el funcionamiento de los planes de manejo forestal sostenible (SIG)
- atenuar los **impactos negativos al medio ambiente** en áreas forestales protegidas y la preservación de la biodiversidad de la flora y fauna, y
- revertir los **impactos sociales negativos** que afectan la gente que depende del bosque.

Los criterios principales para la organización operativa

Una organización que desea identificar los productos de áreas forestales certificadas debe:

- proporcionar evidencia física que los bienes son originarios de un bosque determinado;
- identificar y segregar los bienes referidos;
- documentar el sistema de registro que se ejecuta en paralelo a los bienes; y
- controlar la conformidad con los requisitos de la cadena de custodia.

La organización en la fuente

Como ya se ha mencionado, el seguimiento avanzado de trozas basado en la codificación/numeración de trozas se hace en la fuente inicial, que transmite los datos relevantes de las trozas al punto de registro central. Cualquier troza registrada en la fuente tiene que ser ingresada también en el fichero de registro de las unidades primarias de procesamiento (aserraderos, planta de veneering/plywood, etc.) o en ficheros de exportación, **ambos a ser registrados y controlados centralmente**.

En el caso en que una troza registrada - u otro producto forestal - no reapareciera otra vez en los registros del proceso primario ficheros de exportación, la troza ha pasado de contrabando o se ha procesado ilegalmente en los molinos no acreditados (licenciados) u otras formas. Como consecuencia, la troza o producto forestal, **será cargada al dueño del bosque o concesionario**, de dos formas; el valor y la responsabilidad primaria por no adherirse al **código de aprovechamiento forestal**. Además, el concesionario en cuestión

correrá el riesgo de perder los derechos de concesión, por lo menos en el caso de reincidencia.

También las **trozas sin etiqueta** que son detectadas en el transporte, procesamiento primario y los puntos de exportación serán confiscados y ejecutados a favor "**de un fondo de fortalecimiento de ley forestal**" que se creará. Para este propósito, la oficina central de registro tendrá un servicio telefónico de 24 horas para solicitar cualquier información sobre la legalidad de la numeración y codificación de las trozas, a ser hecha por personal de la organización – así como policía caminera y forestal, organizaciones y plantas de procesamiento primario o puntos de exportación, guardabosques de áreas protegidas, policía comunal y controladores, etc. - es decir para verificar el etiquetado de las trozas en cualquier punto de la cadena.

Aquí, debe ser realizado que el uso de las etiquetas para trozas de "doble número de control" y el depósito del número de control de las etiquetas hechas de plástico en los puestos de la oficina de registro central son una **evidencia legal** muy importante para evitar la falsificación, pasar de contrabando u otra actividad ilegal que debe ser seguida por procesos judiciales.

Los siguientes **criterios principales** forman parte del proceso de certificación/ verificación. De la misma manera, esos criterios principales son válidos para cualquier propósito del cadena de custodia incluyendo la **prevención, detección y supresión de los crímenes forestales**. Por lo tanto, una organización que desea identificar los productos de bosques certificados o que son obligados por **medidas del fortalecimiento de la ley forestal** debe estar de acuerdo con los siguientes criterios principales:

#### 1. La identificación del Producto

Como mínimo, la organización debe asegurar que:

- todos los productos de bosques certificados, o los productos fabricados de derivados de tales bosques, están claramente marcados y registrados, así como;
- procedimientos existentes debe ser documentados para organizar la marcación y registro de productos certificados;

Del bosque al aserradero la organización debe:

- marcar las trozas e identificar el bosque de origen; y
- registrar los diámetros, longitudes, volumen y las clases por especie.

De la conversión primaria a las etapas subsecuentes de fabricación, distribución al por mayor y venta al por menor la organización debe:

- marcar los productos para identificar la vía de producción o la etapa del reembalaje; y

- registrar el volumen y las especies o el tipo de producto en cada etapa.

## 2. La segregación del producto

Como mínimo, la organización debe asegurar que:

- todos los productos de bosques certificados, o fabricados con productos derivados de tales bosques, son segregados de otros productos; y
- procedimientos existentes deben ser documentados para la organización de la segregación de productos certificados.

Del bosque al aserrado la organización debe:

- segregar las trozas certificadas de las no certificadas en el lugar de acopio;
- implementar un proceso de producción por lotes para segregar los productos certificados durante el proceso, a no ser que mecanismos de codificación automatizada estén siendo usados;
- segregar productos certificados en el área de producción, almacén de madera verde, los hornos de secado de madera y los almacenes finales.

De la conversión primaria a las etapas subsecuentes de fabricación, distribución al por mayor y de la venta al por menor la organización debe:

- segregar todos los productos certificados desde la llegada en las premisas;
- implementar un proceso de producción y tratamiento por lotes; y
- preparar documentos por separado para los productos certificados durante el almacenaje y el envío.

## 3. Los expedientes

Como mínimo la organización deben asegurar que:

- se llevan expedientes ordenados referentes a la compra, envío, recibo, salida y a la facturación de los productos forestales certificados; y
- los expedientes incluyen la documentación, fitosanitaria, de transporte y facturación.

La organización debe:

- controlar su sistema de registro;
- demostrar que la documentación del transporte y facturación puede ser verificada con las cargas y las salidas reales; y
- asegúrese de que la documentación es transmitida antes que los productos certificados.
-

# **IDENTIFICACIÓN DE MICORRIZAS VESICULARES ARBUSCULARES (VAM) EN CULTIVOS DE IMPOTANCIA ECONÓMICA DE LA REGIÓN AMAZÓNICA ECUATORIANA Y SU INFLUENCIA EN LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS**

MSc. Agr. Mario Játiva Reyes  
INIAP, Ecuador

## **1. Introducción**

La amazonia ecuatoriana considerada como un sector poseedora de un emporio de riqueza invaluable por su majestuosa biodiversidad es de importancia en alto grado, radicando ésta fundamentalmente en los servicios ambientales globales que presta en la regulación climática y en la conservación de la biodiversidad cultural y en la inmensa reserva de recursos naturales renovables y no renovables que posee. (ECORAE, 1998).

La región amazónica ecuatoriana (RAE) aun cuando comparte una pequeña extensión (1,9 % ) de toda la cuenca, presenta similares características y potencialidades, a la vez que contiene particularidades que le confieren una importancia singular. Este hecho nos compromete para tratar de conciliar los efectos negativos en las actividades de uso de sus recursos, basándose en el manejo sostenible.

Espero que mi trabajo acerca de la identificación de microorganismos benéficos como son las micorrizas arbusculares, que se encuentran en forma natural en los suelos de la amazonía, contribuya a generar procesos aplicables en el quehacer agrícola y así aprovechar su capacidad de asimilación de elementos como el fósforo y otros, que muchas veces se encuentran inmóviles en el suelo y ser colocados a disposición de las plantas cultivadas a través de ellos.

## **2. Resumen de la hipótesis**

Debido a que en la región amazónica es un tema nuevo a desarrollarse, mi investigación se inició con la identificación de los principales géneros de hongos micorrizas vesiculares-arbusculares (VAM) existentes en los diferentes cultivos de importancia en la RAE y en los diversos suelos, o nichos ecológicos, teniendo como hipótesis de que hay lugares o zonas donde existen mayor concentración de micorrizas, así como cultivos de preferencias en las que ellas establecen simbiosis.

Estas fueron en el presente trabajo las principales preguntas, en las cuales se orientó y se sostuvo la investigación:

- Qué géneros de micorrizas se encuentran en la RAE y en que densidad de población?
- Cuál es la relación simbiótica de las micorrizas y las plantas de los cultivos de importancia económica de la región?
- Cuál es la relación entre la población de micorrizas, su intensidad de infección en las raíces de las plantas y el tipo de suelo?
- **Cuál es la relación entre el contenido de nutrientes en las plantas y la intensidad de infección de micorrizas en sus raíces?**

### 3. **Región de la Investigación**

El Ecuador abarca una superficie de 276000 km<sup>2</sup>, ubicado al noroeste de Sudamérica. Posee cuatro regiones con diferencias ecológicas plenamente marcadas: Costa, Sierra, Galápagos y Oriente. En esta última, está la parte que corresponde a la Amazonía ecuatoriana, con una superficie de 132000 km<sup>2</sup> y representa el 48 % del territorio total del país.

Actualmente, la Región amazónica está conformada por seis provincias: Sucumbios, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. La provincia de Orellana que es donde se encuentra el área del presente estudio tiene 18625 kilómetros cuadrados de extensión y el área de investigación abarca 22000 hectáreas.

#### 3.1. **Composición del área.**

Según SCHAWNE (1998), en la región se diferencian cuatro unidades geomorfológicas, los cuales se ordenan por el tipo de suelo de acuerdo a la clasificación taxonómica del USDA 1994:

1. La región de colinas terciarias con predominio de *Typic* y *Oxic Dystropepts*
2. Las mesetas o planicies altas formadas por cubiertas de sedimentos pleistozénicos, predominando los *Andic Dystropepts*.
3. Las planicies bajas con predominio de los *Andic Eutropepts*, y
4. La región aluvial con predominio de los *Tropaquepts* y *Udivitrands*.

Estas son las cuatro zonas y tipos de suelo que se han considerado para esta investigación, considerando la aptitud de uso y su potencial.

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Ubicación y descripción del área de estudio**

La zona donde se hizo la toma de las muestras de suelo y raíces de plantas de cultivos de importancia económica para la identificación de géneros de micorrizas se encuentra ubicada entre los 77°01' y 77°52' de Longitud oriental y 0°28' y 0°20' de Latitud sur en el cantón La Joya de los Sachas en la Provincia de Francisco de Orellana en la región amazónica del Ecuador.

### **4.2. Trabajo de campo**

El trabajo de campo fue realizado entre Agosto y Septiembre de 1999. En total fueron recolectadas 230 muestras de suelos y raíces, correspondiendo a 16 sistemas de cultivo existentes en la región, además muestras del bosque primario y bosque secundario, es decir, en total 18 sistemas, de las que se tomaron 200 g. entre suelo y raíces.

### **4.3. Trabajo en laboratorio**

Correspondió a la identificación de los géneros de micorrizas, a la infección de los suelos por las esporas, a la tasa de infección de raíces y a la intensidad de infección de las estructuras del hongo en las raíces de las plantas hospedante.

## **5. Método estadístico**

Debido a que la identificación de los géneros de micorrizas se la realizó a través de un catálogo de semejanza fenotípica no se aplicó ningún diseño experimental al respecto, por lo tanto solo se utilizaron algunas herramientas estadísticas como la media aritmética, desviación estandar, coeficiente de variación y correlación, mediante el uso del programa Systat, las que se aplicaron para determinar si existe alguna relación entre los nutrientes existentes en cada zona de cultivo y la presencia e infección de las micorrizas, así como también para determinar si existía relación entre el contenido de nutrientes en las plantas y el efecto benéfico de los VAM en la asimilación de éstos.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Identificación de Géneros de hongos de micorrizas presente en la RAE**

Los géneros de los hongos de micorrizas identificados en el presente estudio fueron: **Glomus**, **Gigaspora**, **Entrophospora** y **Acaulospora**. La mayor intensidad de infección en el suelo la

presentó el género **Glomus**, encontrándose casi en todos los cultivos y regiones.

## **6.2. Infección de Micorrizas en el suelo**

En el suelo, la parte o componente de los hongos de las micorrizas que se encuentra presente, es la espora, el cual es el elemento de reproducción asexual que se lo encuentra infectándolo. La mayor infección de esporas en el suelo por parte de estos géneros la presentó *Glomus sp.* con un promedio de 4,87 esporas en 50 g. de suelo. El género *Acaulospora* se lo encontró como el segundo en este tipo de infección con 2,07 y los géneros *Gigaspora* y *Entrophospha* con muy baja presencia en el suelo con promedios menor a una espora en 50 g de suelo. Este resultado lo confirma MOAWAD (1999), el hecho de que el género *Glomus* es el mas difundido en globo terrestre, (información personal).

El comportamiento de la incidencia de esporas en los cuatro tipo de suelo existente en la región fue el siguiente: En las planicies bajas (Andic Eutropets), solo estuvieron presente los géneros *Glomus* y *Entrophospora* con 2,03 esporas. En los suelos de las colinas rojas (Typic y Oxic Dystropepts), se encontraron *Glomus* y *Acaulospora*, ambos géneros estuvieron en el cultivo de pasto. Los géneros *Gigaspora* y *Entrophospora* no se encontraron infectando estos suelos. En esta zona se determinó la mayor cantidad de esporas (27 esp/50g).

La mayor variabilidad de géneros encontrados en esta región de la Amazonía se dió en los suelos cultivados con cacao, pero el mayor número de esporas fue en el cultivo de pasto y en la zona de las colinas rojas, (Gráfico 1). Este comportamiento se debe, a que las Micorrizas emplean un medio de sobrevivencia en un cultivo que está sometido a constante pastoreo, como también a que el pasto está sometido a libre exposición solar y al bajo pH del suelo, por lo que las condiciones no le son favorables para colonizar las raíces, de allí que el hongo opta solamente por preservar las esporas a nivel de suelo.

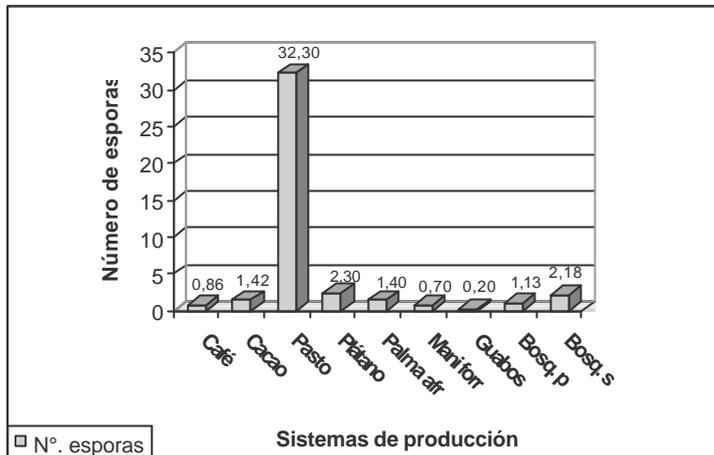


Gráfico 1. Infección global de esporas de micorrizas en suelos en diferentes cultivos de la RAE.

### 6.3. Infección de micorrizas en las raíces

En las raíces, las partes o componentes de los hongos de las micorrizas que se encuentran presente, son : **micelios, arbúsculos y vesículas** , los cuales se pueden encontrar en diferentes grados de intensidad infectando las raíces de las plantas. En base a la presencia de estas estructuras dentro de las raíces, se utilizó una escala de 0 a 4 para determinar la intensidad de infección. Mientras que la tasa de infección está dada solamente por el porcentaje de raíces infectadas independientemente de su intensidad.

#### 6.4. Tasa e Intensidad de Infección de las raíces de los principales cultivos de la RAE de acuerdo a los diferentes tipos de suelo

En los suelos de las planicies bajas, la intensidad fue muy baja y la tasa regular. En la zona aluvial la intensidad de infección en los cultivos también fue muy baja demostrando un comportamiento similar de infección de las raíces, a pesar de que la tasa fue regular. En las colinas rojas terciarias el cultivo del café robusta, presentó la mayor tasa e intensidad de infección, sin embargo, está considerada como muy baja infección al igual que en los cultivos de pasto y cacao. En las planicies altas fue donde hubo mayor infección de raíces, en los dos parámetros evaluados, mostrando ser la zona con las condiciones adecuadas para el desarrollo de las micorrizas.

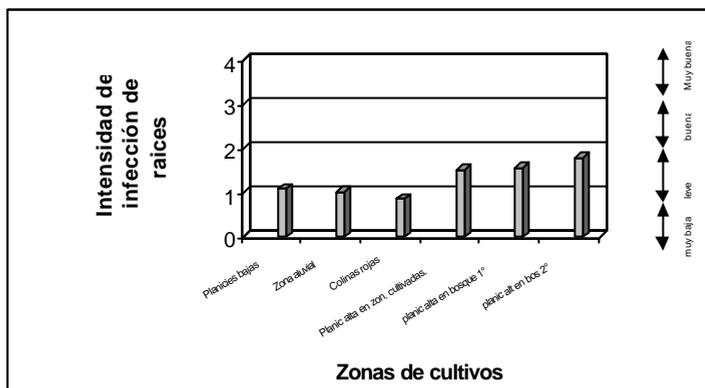


Gráfico 2. Tendencia de la infección de micorrizas en raíces de cultivos en las diferentes zonas de la RAE.

#### 6.5. Infección de micorrizas en las raíces de acuerdo a los diferentes cultivos

Debido a que ciertas especies de plantas requieren necesariamente de la presencia de las micorrizas en sus raíces, más que otras, lo que se conoce usualmente como dependencia de micorrizas, lo cual es el grado con que una planta es dependiente de la condición en que se encuentra micorrizada para producir su máximo crecimiento y producción en un nivel dado de la fertilidad del suelo, los resultados siguientes se presentan para ser analizados y constatar en esta zona la relación existente entre los cultivos y las micorrizas nativas del sector.

La intensidad de infección por parte de las micorrizas en las raíces del cultivo del café robusta (*Coffea canephora*) fue muy baja en todas

las zonas evaluadas a pesar de que tuvo buena tasa de infección. En el cultivo del cacao, la intensidad fue igual que a la del café, es decir, muy baja en promedio de todos los sectores, sin embargo, el cacao establecido en los terrenos del INIAP (Bo/12), se encontró una buena intensidad de infección con abundante formaciones de estructuras del hongo, (vésculas e hifas) tanto internas como externas. Posiblemente la diferencia se debió al buen manejo agronómico que presentó el primero, así como también a que dos años atrás se le aplicó fertilización a base de N P y K, lo que pudo haber repercutido en un buen comportamiento en el desarrollo de la infección de las micorrizas.

En los pastizales, la intensidad de infección fue también de muy baja y con un comportamiento similar en los diferentes lugares establecidos con pasto Dallis (*Brachiaria decumbens*) a pesar de que la tasa infectiva fue relativamente buena en todos los sectores. En el cultivo del plátano hubo una leve intensidad de infección de raíces y buena tasa de infección con 84 % (Gráfico 2), pero en el cultivar de banano (*Musa paradisiaca L.*), mientras que en los demás sectores estuvo la intensidad y tasa de infección muy baja. En este comportamiento diferente no influye el tipo de suelo (ya que todos las plantaciones están en planicies altas), sino el cultivar, y las características especiales en que el cultivo está establecido, bajo diferentes árboles de sombra, los que fueron seleccionados por los propietarios a partir del bosque primario con propósito de uso múltiple, por lo que bajo estas condiciones las micorrizas han encontrado un medio favorable para infectar las raíces del banano. En el cultivar de plátano del INIAP a pesar de encontrarse bajo sombra de leguminosas, la infección fue muy baja, sin embargo en las especies que actuaban como sombra y como cobertura al suelo, hubo una buena intensidad de infección, este comportamiento en las leguminosas se debe a la excelente simbiosis tripartita entre los *Rhizobium* presente en los nódulos de las leguminosas, la leguminosa y las micorrizas. Lo que favorece grandemente a las leguminosas y que en cambio se está dando una competencia por nutrientes especialmente por Ca, Mg, Cu y Zn, particularmente con la especie de cobertura al suelo *Arachis pintoi*, que presentó valores por sobre el 300 % en la concentración de estos elementos con respecto al plátano. El cultivo de la palma africana demostró ser una planta con características poco favorable para la infección de las micorrizas (gráfico 3), ya que presentó una intensidad de infección muy baja y de todos los cultivos evaluados, fue el que presentó la más baja infección, debiéndose este comportamiento a la forma de manejo del cultivo, sometido a un riguroso uso de agroquímicos lo que va en desmedro de la vivencia de los VAM. En el bosque primario y secundario la intensidad de infección estuvo en la categoría de leve y

la especie *Cecropia peltata* L. (Cecropiaceae) demostró ser buena hospedera de micorrizas<sup>13</sup>.

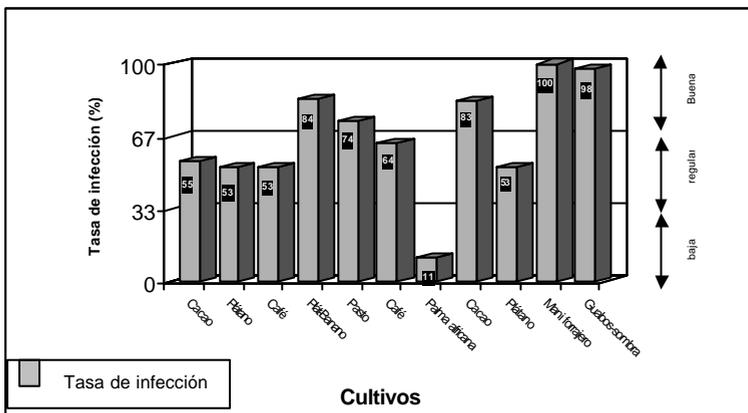


Gráfico 3. Tasa de infección de las raíces por los VAM en planicies altas de la RAE

### 6.6. Correlaciones entre la intensidad de infección de micorrizas en las raíces y el contenido de nutrientes en la planta en los cultivos de la RAE.

La intensidad de infección de micorrizas en las raíces demostró tener una relación estrechamente vinculada con el contenido de nutrientes en la planta en los cultivos de la RAE. El presente estudio comprobó que las micorrizas tienen influencia muy grande en la asimilación de el **Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Manganeso Azufre, Aluminio y Zinc**, ya que con cada elemento se dio una correlación altamente significativa. De estos el P (Gráfico 4) y el Mn fueron los de mayor valor en cuanto al coeficiente de correlación (r), con 81 y 84 % en su orden; esto demuestra la alta influencia que han tenido las micorrizas en la asimilación de estos nutrientes en la planta, encontrándose su concentración para el caso del Mn en niveles óptimos (STIETENROTH, D, 1999). Así en el cacao (Bo/12) y en el plátano/banano (Bo/3) fue donde se encontró la mayor intensidad de infección de las raíces por las AM, mientras que la palma africana (Bo/5) presentó la infección más baja de todos los cultivos en la región y en el cual los niveles de estos elementos siempre estuvieron deficitarios. Otro aspecto muy importante es que

<sup>13</sup> Comunicación personal del Ing. Pedro Ramirez, manifiesta también que la especie *Cecropia peltata* es una excelente planta hospedera de Micorrizas.

las concentraciones del P en las plantas para todos los casos es deficitario (STIETENROTH, D, 1999), de allí que el empleo de los VAM aquí desempeñarían un rol muy importante en la actividad agropecuaria de la RAE, especialmente en cultivos como la palma que exige de muchos insumos, lo cual reduciría grandemente los costos y prolongaría también la vida útil de estas plantaciones.

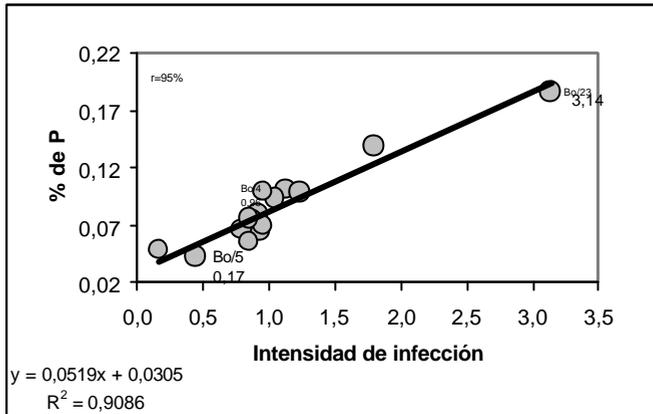


Gráfico 4. Correlación entre el contenido de P en la planta y la intensidad de infección de VAM en raíces de los cultivos de la RAE. (\*\* sign. para  $P < 0,01$  .  $n = 15$ ).

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Definitivamente este trabajo confirmó una vez más el gran efecto positivo que los hongos arbusculares micorrizas ejercen en bien de los cultivos en lo referente a la asimilación de nutrientes a partir del suelo. Los VAM han demostrado en esta investigación que muchos de los elementos presente en las plantas de la RAE han sido tomados a través de ellos, habiendo una estrecha relación entre el contenido en la planta de: P, K, Na, Mn, S y Zn y con mayor especificidad para el P, Mn y Zn, con respecto a la infección de las raíces por parte de las micorrizas, es decir, que los VAM han influido en la toma de estos elementos, ya que en la medida de la intensidad de la infección de las raíces fluctuó también el contenido de estos nutrientes.

Ante este comportamiento tan significativo de los VAM en beneficio de la agricultura, importante es impulsar y desarrollar los sistemas agroforestales, con medidas de manejo adecuadas, los cuales ofrecen un ambiente favorable para que éstos se desarrollen simbióticamente, más aún tomando como base los resultados de este trabajo, que ha comprobado de la existencia de las micorrizas en forma nativas en los suelos de la Región Amazónica del Ecuador, las

cuales solo esperan que su medio o nicho ecológico sea revertido a su favor para entregar todo su aporte benéfico.

La RAE por ser una zona de importancia mundial y por poseer características ecológica muy particulares que denotan fragilidad de sus componentes, amerita que todas las medidas que se emprendan para desarrollar explotaciones de toda índole, se las aplique en función de su preservación y conservación en el tiempo, tratando de reducir al mínimo los efectos nocivos contra ella. En el ámbito de la agricultura en esta región, la cual es la principal actividad como fuente de ingreso para los habitantes de ella, debe ser cada día mejorada y en este contexto los resultados de esta investigación de seguro, espero yo, contribuyan con este noble objetivo en beneficio de quienes ejercen esta profesión.

Se ha logrado determinar dos factores muy importantes: que los sistemas agroforestales tienen hoy en día una validez invaluable en la actividad agrícola y que estos sistemas a la vez ofrecen el mejor medio para que se establezcan simbiosis entre plantas y los hongos benéficos de vesiculares arbusculares micorrhizas, beneficiando de esta forma en la nutrición y estado sanitario de los cultivos de importancia económica para la región.

Por lo que, el desarrollo de la agricultura en la RAE, debe estar condicionado a el uso de sistemas agroforestales en cualquiera de sus formas, dependiendo de la capacidad de adaptación del cultivo y sus componentes, es decir, con el uso de sistemas multiestratos, en callejones, coberturas al suelo, cortinas rompevientos, etc. y en especial en las zonas con menor capacidad productiva, como son los suelos de las colinas rojas, que por sus condiciones de acidez limita la producción como también el desarrollo de la actividad microbiana del suelo como ha acontecido con la micorrhizas.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

CHULTZ, Claudia. GINTIG, G. MOAWAD, A.M. und VLEK, P., 1999. Verbesserung der Überlebensrate in vitro vermehrter Ölpalmen in der Aklimatisierungsphase durch (V) A-Mykorrhizapilze.

ECORAE, 1997. Plan Maestro para el ecodesarrollo de la RAE. Diagnóstico integral de la región amazónica ecuatoriana. Quito, Ecuador. 180 P

KONRAD Vielhauer, 1992. Untersuchungen zur Rolle von Phosphatasen im P Aufnahme-mechanismus von VA-Mykorrhizeln. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Fachbereichs Agrarwissenschaften (Landwirtschaftliche Fakultät) der Georg-August-Universität zu Göttingen. P 55-61.

MOAWAD A. 1999. Vorlesung der Bodenbiologie für das Aufbaustudiumprogramm in der Göttingen Universität.

SCHAWA, Marcus. 1998 : Bodendifferenzierung und Bodenqualität im Amazonastiefland. Ecuador/Coca.

SIEVERDING, Ewald. 1983. Manual de métodos para la investigación de la Micorriza vesículo- arbuscular en el laboratorio. S 116.

STIETENROTH, DANIEL. 1999: Nährstoff-Blattgehalte verschiedener Kulturpflanzenarten auf verschiedenen Bodentypen im Oriente Ecuadors (Region Coca – San Carlos).