

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE EM AGROECOSSISTEMAS A ESCALA DA PROPRIEDADE RURAL, UM ESTUDO DE CASO: CENTRO AGROPECUÁRIO COTOVÉ (ANTIOQUIA, COLÔMBIA)¹

SESSÃO TEMÁTICA C: Visão Sistêmica do Agronegócio

Autores:

Juan Camilo De los Ríos Cardona²

León Darío Vélez Vargas³

RESUMO

Apresenta-se uma metodologia para avaliar a sustentabilidade em agroecossistemas à escala das propriedades rurais proposta por Vélez e Gastó (1999), mediante a parametrização e análise das *macro-variáveis* Receptividade Tecnológica e Intensidade Tecnológica. Esta metodologia também permite caracterizar os usos, diversidade, manejo e acolhida tecnológica, dotação em infraestrutura, potencial produtivo e serviços à sociedade local e regional dessas propriedades. Discute-se que a análise da produtividade nas propriedades rurais tem sido simplista ao levar em conta só critérios econômicos e não ambientais e sociais, enquanto que esta metodologia permite, desde uma perspectiva sistêmica, a análise da sustentabilidade num nível mais global e abrangente. Apresenta-se um estudo de caso do Centro Agropecuário Cotové da Universidade Nacional da Colômbia, sede Medellín. Esse estudo permitiu a caracterização de 9 (nove) para essa propriedade, além disso, permitiu determinar que no 35,84% dela se aplicam tecnologias insustentáveis em relação à oferta biofísica do mesmo.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Agroecossistema, Propriedade rural, Cotové (Colômbia).

INTRODUÇÃO

¹ O presente trabalho é uma tradução ao português de um artigo apresentado por estes mesmos autores em parceria com outros pesquisadores na Revista da Facultad Nacional de Agronomía, v. 57, n. 1, Universidade Nacional da Colômbia, p. 2279-2308, 2004, disponível em: <<http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/ARTICULO10.pdf>>. O artigo original sofreu algumas modificações de forma para poder ser adaptado aos objetivos do congresso Brasileiro de Sistemas.

² Engenheiro Florestal. Mestrando em Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), Brasil <camidelosrios@yahoo.com>.

³ Engenheiro Agrônomo. Professor Titular Faculdade de Ciências Agropecuárias, Universidade Nacional da Colômbia, sede Medellín. <ldvelez@unalmed.edu.co>.

O conhecimento dos Agroecossistemas (AE's) constitui a base para o ordenamento e planejamento das propriedades rurais e das regiões onde elas se localizam. Este ordenamento permite aperfeiçoar a gestão, tecnificação e produção das propriedades rurais desde a perspectiva da rentabilidade, competitividade e sustentabilidade. De los Rios e Gallego (2003) argumentam que as propriedades rurais que não têm identificado os seus AE's carecem do conhecimento sobre o seu estado, tendência e grau de acolhida tecnológica (Receptividade Tecnológica), além disso, não é possível definir o grau de adequação das estruturas tecnológicas investidas neles.

Como hipótese da pesquisa, se considerou que este desconhecimento gera ineficiências na administração e gestão dessas propriedades, na utilização dos seus recursos, nas atividades de pesquisa e, finalmente, na rentabilidade econômica, social e ambiental das mesmas, visto que a gestão se fundamenta nos requerimentos de cada atividade específica e não numa visão sistêmica.

Os AE's têm uma conotação socioeconômica e cultural que se refere ao significado, valoração, apropriação e usufruto dos recursos naturais renováveis por parte do ser humano e a sociedade (Vélez, 2002)⁴. O seu estudo tem sido abordado desde diferentes marcos teóricos e propostas metodológicas que reconhecem a complexidade do tema pelos múltiplos fatores e variáveis biofísicas, ecológicas, culturais, ambientais, sociais e econômicas que incidem sobre a arquitetura e funcionamento deles. Muitos desses métodos são extremadamente simplistas (reducionistas), a partir de enfoques econômicos, fundamentados nos rendimentos ou na rentabilidade, sem levar em conta, de maneira oportuna e satisfatória, as condições ecológicas, socioeconômicas e de sustentabilidade. (De los Rios *et al*, 2004).

Vélez (1998), Vélez e Gastó (1999), propõem uma metodologia para a caracterização e análise dos AE's à escala da propriedade rural, baseada na identificação de variáveis hierarquicamente definidas como as de maior incidência na estrutura e funcionamento dos AE's, que são integradas em duas *macro-variáveis* denominadas Receptividade Tecnológica (RT) e Intensidade Tecnológica (IT)⁵, as quais conformam um "*espaço de análise*" da situação e dinâmica dos AE's. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são considerados a ferramenta principal para a aplicação dessa metodologia, mesmo como para a apresentação e análise dos resultados.

Considera-se que a metodologia utilizada nesta pesquisa, a qual tem como fundamento uma análise sistêmica das propriedades rurais, permite o ordenamento ambiental, espacial, administrativo e produtivo delas, uma maior eficiência na gestão, uso e manejo dos seus recursos naturais, da infraestrutura, maquinário, insumos e capital humano, e uma melhoria nas condições de competitividade social, econômica e de pesquisa. (de los Rios; Gallego, 2003; De los Rios *et al*, 2004)

Esta metodologia foi aplicada numa propriedade rural da Universidade Nacional da Colômbia dedicada a atividades de pesquisa, extensão e produção chamada, "*Centro Agropecuário Cotové*"⁶. O objetivo da pesquisa foi identificar, analisar e caracterizar os

⁴ VÉLEZ, L. D. Análise de Agroecossistemas: Notas de aula da disciplina "Oficina para o Estudo de Agroecossistemas". 2002.

⁵ Estas macro-variáveis serão apresentadas e definidas na metodologia.

⁶ No artigo utilizar-se-á o termo "Centro" ou "Centro Agropecuário" para se referir especificamente à propriedade rural do estudo de caso, pois se considera mais apropriado devido às características de pesquisa, extensão e produção dela.

Agroecossistemas desse Centro Agropecuário em relação à sua estrutura, funcionamento, estado, condição e tendência com respeito aos usos, manejos, Receptividade tecnológica, Intensidade tecnológica e o potencial produtivo, que permitam uma visão e gestão sistêmica do mesmo.

2. METODOLOGIA

2.1 Localização da área de estudo

O Centro Agropecuário Cotové está localizado no vale do Rio Cauca na cordilheira dos Andes Colombianos. Politicamente se localiza no município de Santa fé de Antioquia, departamento de Antioquia (Colômbia). Tem uma área total de 124,02 ha., a altitude aproximada é de 540 metros, a temperatura média anual é de 27°C e a precipitação é de 1.031 mm/ano. (De los Rios e Gallego, 2003). Este Centro Agropecuário é propriedade da Universidade Nacional da Colômbia, assim, além do seu uso agrícola e pecuário também é utilizado como área de pesquisa, práticas acadêmicas e transferência de tecnologia por essa Universidade. (Figura 1)

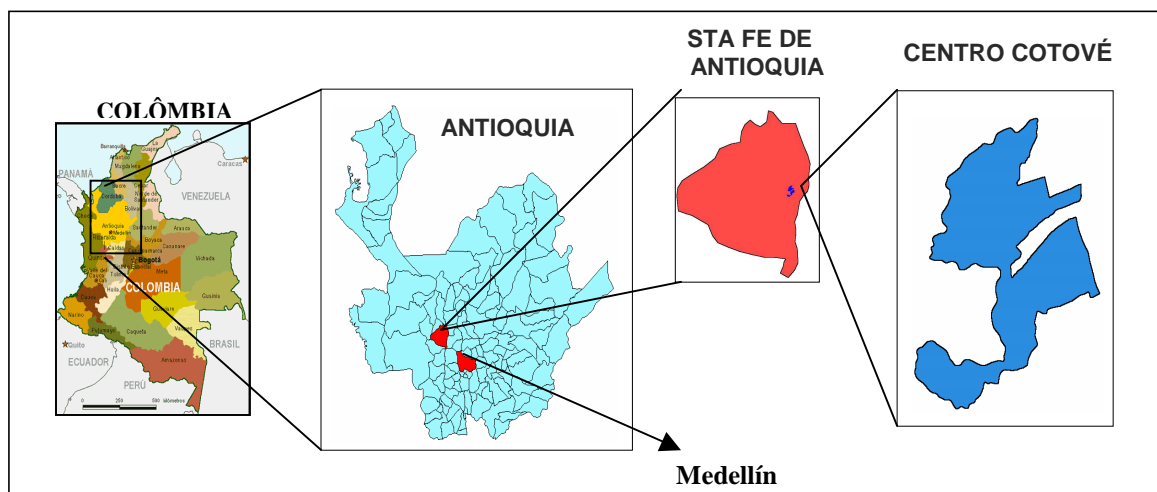


Figura 1. Localização do Centro Agropecuário Cotové.

2.2 Identificação e caracterização dos Agroecossistemas (AE's)

Utilizou-se a metodologia proposta por Vélez (1998), Vélez e Gastó (1999) baseada nas *macro-variáveis*: Receptividade Tecnológica (RT) e Intensidade Tecnológica (IT) que serão descritas a seguir.

2.2.1. Receptividade tecnológica (RT)

A RT é a capacidade de um ecossistema para receber e assimilar um tipo e quantidade de tecnologia, como aportes e estruturas de artificialização do sistema, sem deteriorar a sua capacidade produtiva. A avaliação da RT se faz com referência ao Sistema de Manejo Agrotecnológico (SMA) Avançado-Mecanizado para uso de safras

de cultivos a “campo aberto”, especificamente para a agricultura da chamada “revolução verde” que é a mais exigente em relação aos atributos do AE e às medidas que devem ser levadas em conta para evitar a sua degradação. (Vélez, 1998; Vélez e Gastó, 1999; de los Rios e Gallego, 2003). Segundo Vélez e Gastó (1999), a RT se define pela interação das seguintes variáveis:

$$RT = f \{ \text{Umidade ambiental, declive, profundidade efetiva, textura, hidromorfismo} \}$$

A *umidade ambiental* (fator climático) define as províncias de umidade no sistema de classificação ecológica de Zonas de Vida (Holdridge, 1982). A determinação da província de umidade para o Centro Agropecuário Cotové se fez com base em Espinal (1997) e o trabalho de campo da pesquisa.

O *declive* (fator geomorfológico) é determinante nos processos morfogênicos, especialmente os de escoamento superficial (Tricart e Kilian, 1982). É indicador para o manejo dos solos (mecanização, sistema de irrigação, etc.), a estabilidade do terreno e os tipos de utilização da terra (IGAC, 1985). A determinação das unidades geomorfológicas e as categorias de declive para o Centro Cotové se fizeram mediante o trabalho de campo e a revisão do estudo de Soto *et al* (1986).

A *textura, profundidade efetiva e hidromorfismo*⁷ (fatores edáficos) se combinam para formar 5 (cinco) categorias de solo e a sua respectiva RT. Para o Centro Cotové, a textura se determinou em campo mediante o método do tacto (Jaramillo, 2002), a profundidade efetiva utilizando trados (trado tipo holandês) e o hidromorfismo na observação de variações de cores cinza ou avermelhadas a diferentes profundidades de solo. Também se tomou informação de Cardona e Henao (1998) e Soto *et al* (1986).

Utilizando os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é possível fazer a interação de todas essas variáveis, gerando novas unidades denominadas por Vélez e Gastó (1999) como *Unidades Biogeoestruturais* (UNBI's). Cada UNBI é o produto da interação das variáveis climáticas, biofísicas e edáficas e correspondem aos elementos do recurso natural integrados pelo solo, clima, formação geológica e geomorfológica, organizados num espaço e inter-relacionados que constituem uma estrutura definida. As UNBI's são o cenário dos recursos naturais onde se desenvolve a agricultura da propriedade (Gastó *et al*, 1993). Finalmente, as UNBI's podem ser agrupadas em diferentes categorias de acordo com o “Índice de RT” (Tabela 1)⁸.

Tabela 1. Categorias de Receptividade Tecnológica (RT) (Fonte: Vélez e Gastó, 1999).

Categoria de RT	Índice de RT	SMA* permitido
Alta	≥ 0,5 até ≤ 1	Todos os SMA
Restringida	≥ 0,25 até < 0,5	Avançado, Primitivo
Baixa	≥ 0,125 até < 0,25	Avançado, Primitivo
Muito Baixa	≥ 0,063 até < 0,125	Avançado, Primitivo
Sem uso tecnológico	< 0,063	Nenhum SMA

*SMA: Sistema de Manejo Agrotecnológico, termo que será apresentado e discutido posteriormente.

⁷ Os rasgos hidromórficos do solo se formam por processos de oxidação e redução associados com conteúdos variáveis de água no solo durante o ano e indicam a presença de um nível freático elevado ou uma capa impermeável próxima à superfície (Gutierrez e Zavala, 2001)

⁸ O método detalhado para a obtenção do Índice de RT se encontra em *De los Rios e Gallego* (2003).

2.2.2 Intensidade tecnológica (IT)

A IT se define como o grau de artificialização do ecossistema e magnitude dos aportes tecnológicos por unidade de área, com o propósito de aumentar a quantidade e qualidade de fluxo de recursos naturais movimentados e reproduzidos para a sua conversão em produtos e valores específicos, incrementando os rendimentos e a rentabilidade por unidade de produção. A IT do Agroecossistema resulta da análise do tipo e magnitude da tecnologia aplicada, quer dizer, o Sistema de Manejo Agrotecnológico (SMA) aplicado e a sua relação com a Receptividade Tecnológica previamente avaliada (Vélez, 1998; Vélez e Gastó, 1999; De los Rios e Gallego, 2003). Pode-se expressar como a seguinte função;

$$IT = f\{SMA, RT\}$$

Identificação dos Sistemas de Manejo Agrotecnológico (SMA).

Como já foi dito, para a análise da IT é necessário identificar os SMA's. Este processo se faz mediante a avaliação qualitativa e quantitativa dos componentes do Agroecossistema que se expressam na seguinte função;

$$SMA = f\{Usos, coberturas, estrutura espacial, estilo, manejo, cuidados, tecno-estrutura^9, hidro-estrutura^{10}\}$$

Os SMA's podem ser diferenciados dentro das quatro categorias que se apresentam na Tabela 2. Para o Centro Cotové a avaliação dos SMA foi feita em campo utilizando os formulários propostos por Gastó *et al* (1993), além das entrevistas estruturadas realizadas aos administradores e aos responsáveis dos programas de produção e pesquisa. (De los Rios e Gallego, 2003).

Tabela 2. Sistemas de Manejo Agrotecnológico (Vélez, 1998; De los Rios e Gallego, 2003)

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
Primitivo (P)	Extensivo, o uso e manejo, com baixa ou escassa tecnologia, está integrado determinado ou condicionado pelas condições ecológicas do ecossistema e a região. Este SMA foi característico de muitas culturas indígenas, a maioria hoje extintas, nas quais a agricultura constitui uma simulação do processo "sistemogênico" do ecossistema. O manejo está baseado sobre outros conhecimentos, outras necessidades, outra cultura ou outras racionalidades; alcançar uma harmonia com a natureza requer de uma organização social que estabelece normas de comportamentos sobre o tamanho da população, de identificação e proteção de certos recursos que exercem um controle sobre a capacidade sustentadora do ecossistema.
Tradicional (T)	Extensivo, baixa eficiência, a tecnologia mecanizada e/ou química pode-se apresentar de maneira total ou parcial, mais com pobres bases científicas, pode causar degradação do sistema natural; não tem práticas de conservação ou são escassas; baixo grau de capitalização, geralmente localizado em condições ecológicas difíceis pelo clima e/ou a topografia, ou em zonas de grandes propriedades e proprietários "ausentes", ou geograficamente marginais. O seu objetivo pode ser comercial e/ou a

9 Estruturas tecnológicas (Currais, estradas, laboratórios, maquinário, casas, bodegas, cercos, etc.)

10 Estrutura hídrica (Drenagens naturais e estruturas de irrigação artificiais)

	subsistência, o tamanho da propriedade é variável. Alguns sistemas representativos são a pecuária de corte ou de lã, cultivos de milho, trigo, sorgo, frutíferas e a pesca.
Avançado (A)	Semi-intensivo a intensivo; mecanização parcial, nenhuma tarefa de preparação do solo se faz com trator. Média à alta eficiência, o uso do conhecimento científico, tecnológico e administrativo é adaptado às circunstâncias específicas do ecossistema no que se localizam e às formas de organização social dos produtores, o tamanho das propriedades e o seu grau de capitalização são variáveis, mas não alcançam a limitar a exploração da propriedade, se localiza em zonas com condições naturais menos limitadas que o SMA Tradicional, mas mais limitadas que o Mecanizado, as quais são muito variáveis em curtos espaços geográficos; não é raro que a produção para o mercado se misture com a produção para o auto-consumo.
Avançado-Mecanizado (M)	Intensivo, fundamenta-se no conhecimento científico, tecnológico e administrativo da propriedade, alto uso de agrotóxicos e mecanização de todas as suas lavouras; alta capitalização e eficiência; se localiza nas regiões de melhores condições ecológicas. Podem-se distinguir as seguintes modalidades ou variantes: Mecanizado (Tratores, tração animal, implementos). Orgânica (Tratores, tração animal, implementos), Revolução Verde (Grandes áreas cultivadas, mecanizada, química)

Como foi mencionado anteriormente, as categorias de IT são definidas a partir da interação entre o SMA e a Receptividade Tecnológica (RT) de cada Agroecossistema (Tabela 3).

2.3 Digitalização e obtenção da cartografia do Centro Agropecuário Cotové

A obtenção, organização e manejo da informação cartográfica do Centro Agropecuário foi o insumo fundamental para desenvolver esta pesquisa. A cartografia se levantou, digitalizou e analisou a partir de métodos como a foto-interpretação e ferramentas dos SIG como o GPS (Sistema de Posicionamento Global) e os softwares Erdas, Arc-View 3,2 e Arc-Info. Elaboraram-se, entre outros, os mapas das Unidades Geomorfológicas, Unidades Biogeotruais (UNBI's), Unidades Espaciais (Parcelas, poteiros, construções, etc.), Sistemas de Manejo Agrotecnológico (SMA), Coberturas e Usos do Solo, Agroecossistemas (AE's). (De los Ríos e Gallego, 2003). Com esta informação construiu-se uma importante base de dados que permitiu organizar, juntar e cruzar toda a informação e alcançar os objetivos propostos.

Tabela 3. Categorias e Índices de Intensidade Tecnológica (IT) e Sistemas de Manejo Agrotecnológico (SMA) correspondentes (Fonte: Vélez e Gastó, 1999)

Categoria de IT	Índice de IT	Observações
Adequada	1	Corresponde ao SMA mais intensivo recomendado para a categoria de Receptividade Tecnológica do AE
Alta	0,5	Corresponde ao SMA Avançado (A) para AE's que admitem o SMA Avançado-Mecanizado (M)
Meia	0,250	Corresponde ao SMA Primitivo (P) em AE's que admitem o SMA Avançado ou o Avançado-Mecanizado
Extensiva	0,125	Corresponde ao SMA Tradicional (T) em AE's de Receptividade Tecnológica Alta
Muito Extensiva	0,063	Corresponde ao aproveitamento, exploração e colheita da natureza sem aportes tecnológicos, só aqueles mínimos indispensáveis para a colheita.
Inadequada	0,031	Corresponde aos SMA's não recomendados para as condições de RT dos AE's

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da Receptividade Tecnológica

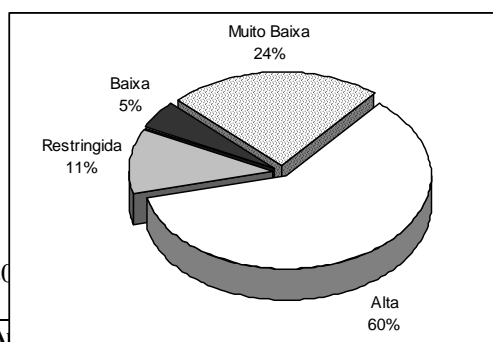
O primeiro passo consistiu na determinação da RT como produto da interação de variáveis climáticas, biofísicas e edáficas. Esta interação gerou as categorias que se apresentam na Tabela 4¹¹.

Tabela 4. Índice de Receptividade Tecnológica (IRT) para as UNBIS do Centro Cotové. (Fonte: De los Rios *et al*; 2004)

Código UNBI	IH*	ID	IS	IRT	Categoria RT
157 (P)	1	1	1	1	Alta
158 (Ta_p)	1	1	1	1	Alta
167 (Tb)	1	1	0,25	0,25	Restringida
187 (Tm)	1	1	1	1	Alta
188 (Ta_d)	1	1	1	1	Alta
134 (Ta_d)	1	1	0,125	0,125	Baixa
165 (Ta_d)	1	1	0,25	0,25	Restringida
197 (Ta_d)	1	1	0,5	0,5	Alta
198 (Tm)	1	1	0,5	0,5	Alta
258 (P)	1	0,5	1	0,5	Alta
287 (P)	1	0,5	1	0,5	Alta
388 (P)	1	0,25	1	0,25	Restringida
398 (P)	1	0,25	0,5	0,125	Baixa
459 (P)	1	0,125	1	0,125	Baixa
619 (C)	1	0,0312	0,125	0,004	Muito Baixa
628 (C)	1	0,0312	0,125	0,004	Muito Baixa
629 (C)	1	0,0312	0,125	0,004	Muito Baixa

*IH: Índice de Umidade; ID: Índice de Declive; IS: Índice de Solo, IRT: $IH \times ID \times IS$.
Categoria RT: Categoria de Receptividade Tecnológica.

A Figura 2 apresenta as categorias de RT¹² do Centro Cotové e a porcentagem de área que ocupam. Em 60,2% (73,6 ha.) da área do Centro tem RT Alta, a qual permite o estabelecimento de todos os tipos de SMA desde o Primitivo até o Avançado-Mecanizado. No momento da pesquisa os SMA nessas áreas eram: Avançado-Mecanizado (19,4 ha.), Avançado (8,2 ha.), Tradicional (43,16 ha.) e áreas com construções (2,7 ha.), estas últimas sem nenhum tipo de SMA, já que não são atividades agrícolas ou pecuárias definidas, senão casas, bodegas, etc.



A RT Muito Baixa é a segunda em extensão e ocupa 24% (29,2 ha.) da área total, só permite os SMA's Primitivo e Avançado. Atualmente 27,9 ha. estão sob SMA.

cada em De los Ríos e Gallego (2003) e De los Ríos *et al*

Tabela 1.

Universitário de Franca Uni-FACEF – 29 e 30 de outubro de 2008

Figura 2. Categorias de Receptividade Tecnológica do Centro Agropecuário Cotové e % de área que ocupam.

Tradicionais e 1,1 sob SMA Avançados. A RT Restringida ocupa 10,8% (13,4 ha.) da área e a RT Baixa 5,4% (6,7 ha.); estas duas últimas categorias de RT só permitem os SMA Primitivos e Avançados. Os SMA atuais nessas áreas são o Avançado (4,7 ha.) e o Tradicional (15,4 ha)

3.2 Usos e coberturas do solo

No Centro Cotové, 53,82 ha (43,4% da área total) estão destinadas ao uso pecuário, as quais se localizam nos setores com declives menos pronunciados. Os principais propósitos da pecuária do Centro são a produção de gado Zebú (36 ha.) sob pastagens manejadas e não manejadas de pastos Guínea (*Panicum maximum* Jacq.), Ângleton (*Andropogon nodosus*) e Pará (*Brachiaria mutica*), além da produção de porcos em 1,8 ha. (Ver Tabela 5 e Figura 3)

Tabela 5. Usos e coberturas do solo e Estrutura Espacial do Centro Cotové.

Uso do solo	Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Tecno-estrutura	Prédio	1,3	1,55
Agrícola	Cultivo semestral	15,2	12,26
	Frutíferas	12,2	9,74
	Pastagem manejada	4,6	3,47
Subtotal Agrícola		33,3	27,02
Florestal	Cultivo semestral	0,3	0,27
	Floresta secundária	0,6	0,48
Subtotal Florestal		0,9	0,75
Pecuário	Pastagem manejada	10,5	8,53
	Pastagem não manejada	36,9	29,76
	Capoeira alta e baixa	6,02	4,9
Subtotal Pecuário		53,42	43,2
Sem uso	Capoeira alta	0,9	0,78
	Pastagem não manejada	0,3	0,23
Subtotal Sem uso		1,2	1,01
Trilha	Pastagem não manejada	0,6	0,48
Pesquisa	Capoeira alta	1,4	1,13
Recreação	Pastagem não manejada	0,5	0,37
Total		124,06	100

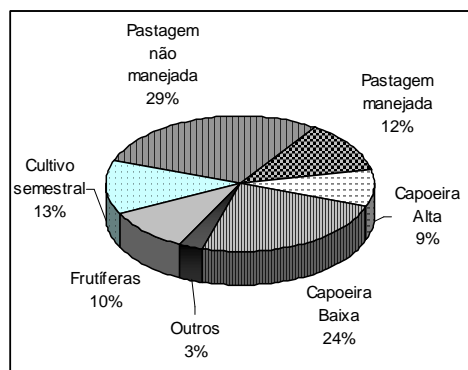


Figura 3. Coberturas do solo e a sua respectiva área (%) no Centro Cotové.

Para o uso agrícola estão destinadas 31,91 ha. (25,7%), das quais, 19 ha. (13%) são cultivos semestrais de milho, soja, algodão, cana, cítricos e feno (pastagens de Ângleton e Guínea). Frutíferas há uma parcela de 2,9 ha. (2,3%) de coleção de frutíferas tropicais como “caimito” (*Chrysophyllum caimito*), “sapote costeño” (*Calocarpum mammosum*), “tamarindo” (*Tamarindus indica*), entre outros; 8,2 ha. (6,6%) são cultivos de mamão (*Carica*

papaya, variedade Cotové) sapote (*Manilkara sapota*), manga (*Mangifera indica*) e guanabano (*Annona muricata* L.), todos esses cultivos com propósitos de produção e venda. As áreas de proteção ocupam 25,4% da propriedade (31,6 ha.) e estão localizadas nos setores com maiores limitações biofísicas, especialmente nas colinas erosivas com coberturas de capoeiras altas e baixas. (Figura 3)

3.3 Estrutura espacial do Centro Cotové

- **Unidades espaciais.** Está constituída por 70 unidades espaciais, das quais 37 são para uso pecuário (potreiros e currais), 14 para uso agrícola (parcelas) e 5 são áreas de proteção.

- **Tecno-estrutura:** A propriedade conta com estradas para a movimentação de animais, pessoas e veículos as quais estão em regular estado de manutenção. O principal problema da tecno-estrutura da propriedade é a conectividade entre as estradas e trilhas internas. Na propriedade há quatro bodegas para o armazenamento de ferramentas e insumos, uma garagem pra maquinário agrícola e duas casas para a moradia dos administradores e estudantes que fazem práticas. Para a divisão interna das Unidades Espaciais há 9.015 m em cercas de arame de pua, 6.271 em cercas mistas (aramé de puas e árvores) e 1.369 m com cercas elétricas¹³.

- **Hidro-estrutura.** As altas temperaturas médias da região (27°C/ano) e os níveis relativamente baixos de precipitação (1037 mm/ano) fazem essencial a instalação de sistemas de irrigação para o desenvolvimento das atividades agropecuárias. O centro conta com sistemas de irrigação por gravidade e por aspersão. O primeiro se localiza nas áreas pecuárias e agrícolas e tem uma longitude total de 10.800 m; o segundo (aspersão) é utilizado para a irrigação de cultivos e o abastecimento de alguns potreiros, esta composto por hidrantes, motobombas e desareidores e tem uma longitude total de 1.942 m.

3.4 Sistemas de Manejo Agrotecnológico (SMA).

Segundo as categorias de SMA apresentadas na Tabela 2, encontrou-se em 64,8% do Centro Agropecuário (80,4 ha.) um SMA Tradicional e corresponde às áreas com uso pecuário sem manejo de pastagens nem fertilização de solos, além das áreas de proteção. O SMA Avançado-Mecanizado ocupa 15,7% da propriedade (19,5 ha) e representa os cultivos de soja, milho, algodão e feno. Sob o SMA Avançado há 15 ha (12,1%) que correspondem aos cultivos de frutíferas e a uma parcela de pesquisa em recuperação biológica de solos. (Tabela 6)

Tabela 6. Sistemas de Manejo Agrotecnológico (SMA) no Centro Cotové.

SMA	Cobertura	Área (ha)	Área (%)
Mecanizado	Cultivo semestral, pastagens manejadas, feno.	19,5	15,27
Avançado	Frutíferas, Capoeira alta, pastagens não manejadas.	15	12,1

¹³ Todos esses dados foram tomados desde o SIG e com o trabalho de campo. A sua quantificação permite analisar os investimentos feitos na propriedade e determinar a sua eficiência e avaliar a sua eficiência.

A Tabela 7 apresenta as categorias de IT do Centro Agropecuário Cotové como produto da interação entre a RT e os SMA.

Tabela 7. Categorias de Intensidade Tecnológica (IT) no Centro Agropecuário Cotové

Categoria de IT	Valor para categoria de IT	Área (ha)	Área (%)
Adequada	1	25,2	21,05
Alta	0,5	8,3	6,93
Extensiva	0,125	43,3	36,17
Inadequada	0,031	42,9	35,84
Total			

A IT adequada ocupa 25,2 ha (21%) do Centro, representa aquelas áreas em que existe um aproveitamento “adequado” da oferta do sistema natural e da estrutura instalada, acontece nas frutíferas e na parcela de pesquisa em recuperação biológica de solos, os quais estão sob um SMA Avançado, também estão nesta categoria os cultivos semestrais (milho, soja, algodão).

A IT Alta, quer dizer, um bom aproveitamento da oferta biofísica do ecossistema, mas não até o limite que ela pode ser aproveitada, ocupa uma área de 8,3 ha (6,9%) e se encontra na parcela de coleção de frutíferas tropicais, num cultivo de cítricos e nas parcelas do programa de manejo de porcos.

A IT extensiva (43,3 ha; 36,1%) se localiza nas áreas onde se apresenta uma subutilização da oferta biofísica do ecossistema, corresponde às áreas do programa de gado Zebú (pecuária extensiva). Finalmente, a IT Inadequada (42,9 ha, 35,84%) se localiza em áreas com altas restrições biofísicas e que, portanto, merecem um cuidado especial, o qual não se está fazendo na atualidade, já que as atividades de proteção não estão cumprindo o seu objetivo e se observa uma forte deterioração do ecossistema.

Levando em conta que a IT está entre os valores de 0 a 1, sendo os valores próximos a 0 (zero) aqueles que representam uma IT inadequada e próximos a 1 (um) uma IT adequada, pode-se concluir que em 72,1% da área do Centro Cotové estão-se desenvolvendo atividades não adequadas com relação à oferta biofísica do mesmo¹⁵.

Caracterização e avaliação dos Agroecossistemas (AE's)

Finalmente e após a obtenção das macro-variáveis RT e IT se chega ao último passo do processo que consiste na caracterização dos Agroecossistemas. A interação entre a Receptividade Tecnológica (RT) e a Intensidade Tecnológica (IT) gerou 9 (nove) AE's para o Centro Agropecuário Cotové. (Tabela 8)

¹⁵ Se refere a uma utilização “não adequada” e pode estar representando tanto uma subutilização quanto uma sobre-utilização da oferta natural do ecossistema.

Tabela 8. Agroecossistemas (AE's) do Centro Agropecuário Cotové como resultado da interação entre a RT e a IT. (Ver também Figura 5)

No. AE	RT-IT	SMA	Área (ha)	Descrição
1	Alta-Adequada	Avançado-Mecanizado	19,5	Vales planos (0-3%), texturas do solo médias, profundidade efetiva profunda e drenagem natural moderado. Nele se encontram cultivos de milho, soja, algodão e feno. É utilizado eficazmente em atividades de docência. Conta com sistema de irrigação por gravidade e aspersão.
2	Alta-Alta	Avançado-Mecanizado	8,3	Vales planos a levemente ondulados (0-7%), texturas médias, profundidade efetiva mediana a profunda. Nele se encontram cultivos de cítricos, produção de porcos e de frutíferas tropicais com um SMA Avançado, além de um cultivo de mangas em associação com feno. Uma parte do AE conta com sistema de irrigação por gravidade
3	Alta-Extensiva	Avançado	43,3	Vales planos a levemente ondulados (0-7%), texturas médias, profundidade efetiva de mediana a profunda. Neste AE está o programa de gado de corte da raça Zebú com um SMA Tradicional sem manejo de pastagens nem fertilização de solos. Tem sistema de irrigação por gravidade.
4	Restringida-Adequada	Avançado	3,2	Solos com textura pesada e profundidade efetiva mediana, desfavorecendo a sua drenagem natural. Cultivos de "sapote" e manga (frutíferas) com um SMA Avançado. Conta com sistema de irrigação por gravidade em bom estado.
5	Restringida-Inadequada	Tradicional	10,1	Vales ondulados (7-12%), solos com texturas pesadas e profundidade efetiva mediana, em alguns setores apresenta hidromorfismo sazonal. Um setor está dedicado ao gado de corte com um SMA Tradicional e com sistema de irrigação por gravidade; outro setor corresponde a colinas erosionais que não estão sendo manejadas adequadamente.
6	Baixa-Adequada	Avançado	1,5	Vales ondulados (7-12%), solos de textura pesada. Cultivo de mamão com SMA Avançado. Tem sistema de irrigação por gravidade.
7	Baixa-Inadequada	Tradicional	5,2	Vales fortemente ondulados (12-25%), profundidade efetiva mediana, em alguns setores apresenta hidromorfismo sazonal superficial. Encontram-se áreas de proteção com manejo inadequado (sem cercas de proteção) e uma parte do programa de gado de corte (raça Zebú) sem fertilização nem manejo de pastagens.
8	Muito Baixa-	Avançado	1,1	Vales escarpados (>50%) profundidade efetiva delgada.

	Adequada			Encontra-se uma parcela de pesquisa em recuperação biológica de solos com um SMA Avançado.
9	Muito Baixa-Inadequada	Tradicional	27,5	Vales escarpados (>50%) e profundidade efetiva delgada. Encontram-se poteiros não manejados e áreas de proteção manejadas inadequadamente.

AE: Agroecossistema

IT: Intensidade Tecnológica

RT: Receptividade tecnológica

SMA: Sistema de Manejo agrotecnológico

Para complementar a análise da Tabela anterior, se apresenta um mapa dos AE's do centro Cotové e um espaço de análise dos mesmos o qual está separado em quatro partes (quadrantes) para uma melhor compreensão (Figura 5)

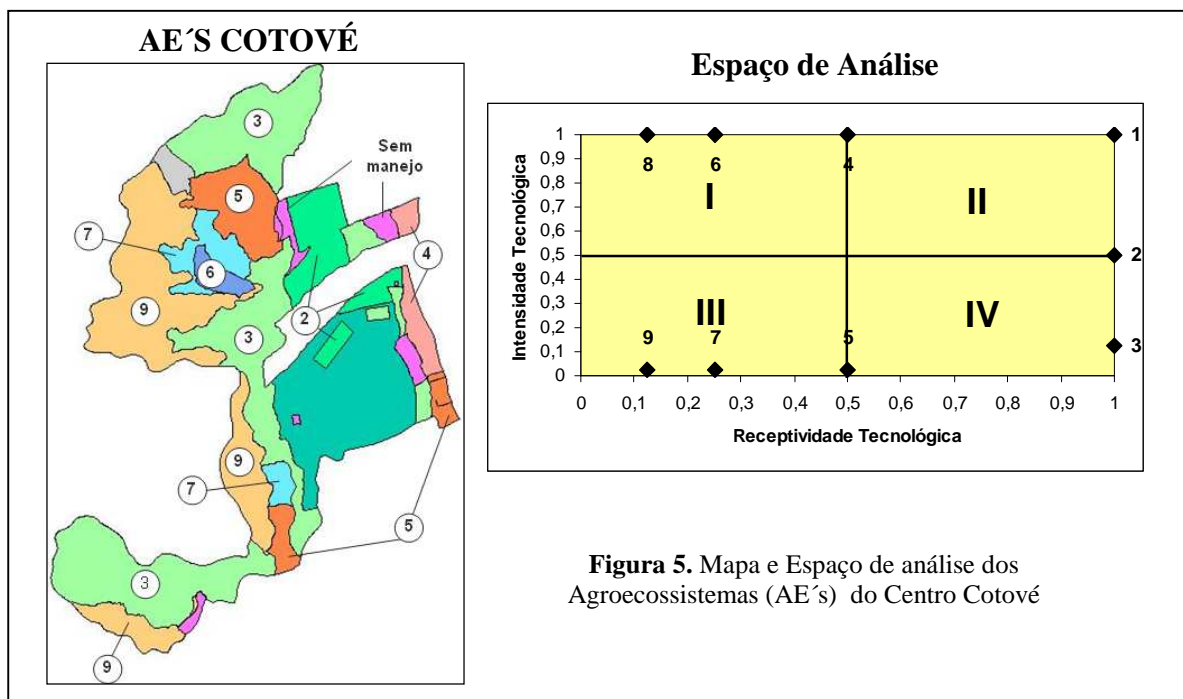


Figura 5. Mapa e Espaço de análise dos Agroecossistemas (AE's) do Centro Cotové

Quadrante I: Agroecossistemas 6 e 8 com Receptividade Tecnológica (RT) Baixa e Intensidade Tecnológica (IT) Adequada em relação às condições biofísicas do ecossistema e à infraestrutura instalada no mesmo, correspondem a um cultivo de mamão e uma parcela de pesquisa em recuperação biológica de solos, ambos com SMA Avançado

Quadrante II: Agroecossistemas 7 e 9, com RT Baixa e IT Inadequada. O AE 7 é um área de proteção em que não estão se cumprindo estes propósitos e o AE 9 representa alguns poteiros do programa de gado Zebú. Ambos AE's estão sob um SMA Tradicional.

Quadrante III: AE 3 com RT Alta e IT Extensiva em relação com as características biofísicas e estruturais da propriedade. São poteiros do programa de gado Zebú com um SMA Tradicional.

Quadrante IV: AE 1 com RT Alta e IT Adequada, corresponde a um cultivo de feno com um SMA Avançado.

AE's nos limites dos quadrantes: AE 2 com RT Alta e IT Alta, corresponde a cultivos de cítricos e a um sistema de produção de porcos com um SMA Avançado. AE 4 com RT Restringida e IT Adequada, corresponde a um cultivo de “*sapote*” e manga com um SMA Avançado, AE 5 com RT Restringida e IT Adequada, corresponde a áreas de proteção e alguns potreiro do programa de gado Zebú sob um SMA Tradicional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 72,01% da área do Centro Cotové têm-se as categorias de Intensidade Tecnológica Extensiva e Inadequada, quer dizer, que nessas áreas estão-se aplicando Sistemas de Manejo Agrotecnológicos em desacordo com as condições biofísicas do ecossistema. O anterior mostra que os administradores do Centro não têm um conhecimento suficiente das condições dos ecossistemas da propriedade. Também permite ratificar a hipótese central desta pesquisa, a qual se fundamenta em que esse desconhecimento por parte dos proprietários e administradores das propriedades rurais gera ineficiências na administração e gestão das mesmas e, portanto, coloca em risco a sustentabilidade dos seus sistemas naturais e a rentabilidade das atividades econômicas desenvolvidas.

Desde a perspectiva da sustentabilidade, pode-se concluir que, em 35,84% da área do Centro agropecuário estão-se aplicando Sistemas de Manejo Agrotecnológicos insustentáveis, já que a Intensidade Tecnológica é Inadequada em relação às condições biofísicas do ecossistema. Nas outras áreas da propriedade, segundo a metodologia utilizada, não está em risco a sustentabilidade do sistema natural.

Finalmente, comprova-se que a metodologia utilizada na presente pesquisa permite analisar a sustentabilidade dos agroecossistemas à escala das propriedades rurais. Essa sustentabilidade se avalia através do relacionamento das macro-variáveis Receptividade Tecnológica e Intensidade Tecnológica, as quais permitem caracterizar tanto a oferta biofísica da propriedade quanto o tipo e grau de tecnologia aplicada nela, esta última através da análise dos Sistemas de Manejo Agrotecnológico. O método também tem a vantagem de permitir comparar varias propriedades, neste artigo só se apresentou um estudo de caso por questões de espaço do texto, mas existem outras experiências que podem ser apresentadas, analisadas e comparadas.

REFERÊNCIAS

CARDONA, C.; HENAO, F. **Estudio de los problemas de drenaje en el Centro Paysandú**. Medellín, Trabajo de Grado (Ingenieros Agrícolas). Universidad Nacional de Colombia. 1988, 100 p.

DE LOS RIOS, J; GALLEGO A.; VÉLEZ, L; TORO, L; AGUDELO J; LEMA, A; ACEVEDO, L. Caracterización y evaluación de agroecosistemas a escala predial un estudio de caso: Centro agropecuario Cotové (Santa Fé de Antioquia, Colombia). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 57, p. 2279-2308, Medellín, Colombia, 2004.

DE LOS RÍOS, J.; GALLEGO, A. **Caracterización y Análisis de los Agroecosistemas de los Centros Agropecuarios Cotové y Paysandú**, Trabajo de Grado, Ingeniería Forestal. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2003. 106 p.

ESPINAL, L. S. **Zonas de vida (formaciones vegetales) del departamento de Antioquia**. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1977. 135 p.

GUTIÉRREZ, M; ZAVALA J. Rasgos hidromórficos de suelos tropicales contaminados con hidrocarburos. *Em: Revista Terra México*. 2001. 11 p. Disponível em: <www.chapingo.mx/terra/contenido/20/2/art101-111.pdf>. Acesso em: Outubro de 2003

GASTÓ, J., COSIO, F; PANARIO, D. **Clasificación de Ecorregiones y determinación de Sitio y Condición**. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos. Santiago, Chile, 1993. 253 p.

HOLDRIDGE, L. R. **Ecología basada en zonas de vida**. San José, Costa Rica: IICA, 1982. 216 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). **Zonificación agroecológica de Colombia**: Memoria explicativa. Bogotá: IGAC, 1985. 53 p.

JARAMILLO, D. **Introducción a la ciencia del suelo**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2002. p. 164-180.

SOTO, M.; ARBELAEZ, A.; PEREZ, G; RACINY, L. **Levantamiento semidetallado de los suelos de la finca "Paysandú"**. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1986. 120 p.

TRICART, J; KILIAN, J. **La Ecogeografía y la ordenación del medio natural**. Barcelona, Anagrama, 1982. 288 p.

VÉLEZ, L. **Análise de Agroecosistemas**: Notas de aula da disciplina "Oficina para o Estudo de Agroecosistemas". 2002.

VÉLEZ, L. **Bases metodológicas para el estudio de los estilos de agricultura a nivel de predio.** Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 1998. 149 p.

VÉLEZ, L; GASTÓ, J. Metodología y determinación de los estilos de agricultura a nivel predial. **Ciencia e Investigación Agraria.** V. 26, n. 2, p. 77-99, 1999.