



国際農林水産業研究センター

パラグアイにおけるクリーン開発メカニズムの仕組みを活用した農村開発手法の開発

小規模植林CDMプロジェクト形成のための 基礎調査マニュアル



サンロレンソ - Paraguay

2010

小規模植林 CDM プロジェクト形成のための基礎調査マニュアル

目 次

目 次	1
1 基礎調査の項目	2
2 植栽区画の調査	5
2.1 調査目的	5
2.2 調査地域、データ収集の内容、データ収集方法	5
2.3 調査結果	7
2.4 結論	12
3 植栽樹種の密度試験	14
3.1 概要	14
3.2 方法	14
3.3 結果	16
3.4 結論	20
4 グレビレアの成長シナリオ	23
4.1 概要	23
4.2 文献調査	23
4.3 方法	27
4.4 結果及び結論	31
5 ベースライン樹木調査	39
5.1 概要	39
5.2 方法	39
5.3 調査結果	42
5.4 結論	48
引用文献	49
附属書：植林に係る農家アンケート調査様式	53

1 基礎調査の項目

JIRCAS の農村開発方法は、農家の意識改革により、農家の経営改善・生活改善への意欲を高め、自己責任と活動に対するオーナーシップの確保を前提としている。この意識改革は、農民に受け入れやすく、農民自らの努力で実施が可能な土壌保全・土壌回復技術の導入により進められる。

意識改革が高まった段階で、農家自らの将来計画である農家計画の作成を通じて、将来の方向性を明確化し、その達成に向けた自己努力を促進する。

次の段階では、農家計画の作成を通じて修得した自己のイメージを計画化していくプロセスをベースとして、集落内でワークショップを開催し、問題の分析、問題を解決するための活動、活動実施の時期、県や市などの支援機関の候補などを参加者で議論し、集落開発計画を作成する。

支援機関は、集落計画の実現に対し、自らの利用可能な資源の中で、集落の優先度に応じて選択的に支援する。支援機関は農家の作成した集落計画を前提として活動するので、農家の責任感又はオーナーシップが確保されているため、支援活動の成果は持続性の高い、効果的なものとなる。

JIRCAS の植林 CDM は、このプロセスから生み出されるものである。

植林のニーズについて、まず農家計画の中で明らかにされ、集落の問題として取り上げられ、集落計画の中に位置づけられてから、取り組みが始まる。少なくとも農家計画の中に位置付けられなければ、農家の優先度は低く、農家の責任をもった取り組みは期待できない。

しかし、植林ニーズはあっても、植林 CDM になるとは限らない。植林 CDM では、非永続性の問題があるため炭素クレジットの単価が低く、一定の植林規模がなければ DOE に支払う審査費用あるいは検証費用ですら支払うことができない。このため、概ね 300ha 規模の植林要望がなければ CDM 事業化は行わず、支援機関等からの助成による通常の植林事業として進めるべきである。

図 1.1 は、以上のプロセスを図示したものである。

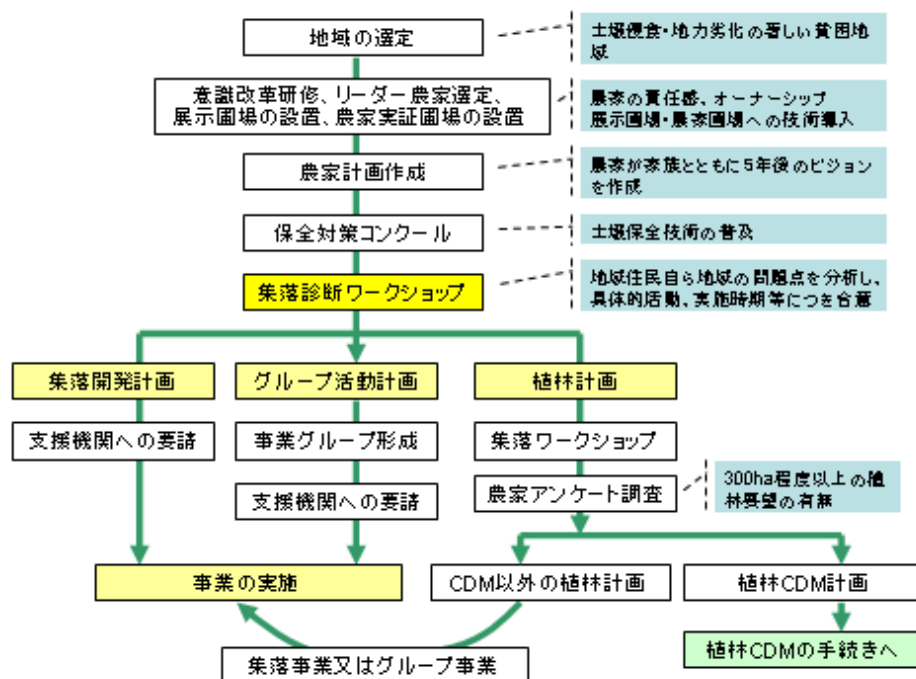


図 1.1 植林 CDM 事業を開始するまでの流れ

図 1.1 において植林へのニーズが確認された場合、植林に係る集落ワークショップを開催し、植林 CDM プロジェクトの可能性を検討する。

植林にかかる集落ワークショップ以降の流れは図 1.2 のとおりである。

なお、CDM 事業化したとしても、炭素クレジット収入が入手できるのは、植林後一定期間が経過し、木の成長のモニタリングが行われた後であり、初期投資のための資金が必要である。このため、事業推進者は植林 CDM 事業化のため、ドナーとなる公的又は民間機関からの支援を確保しなければならない。

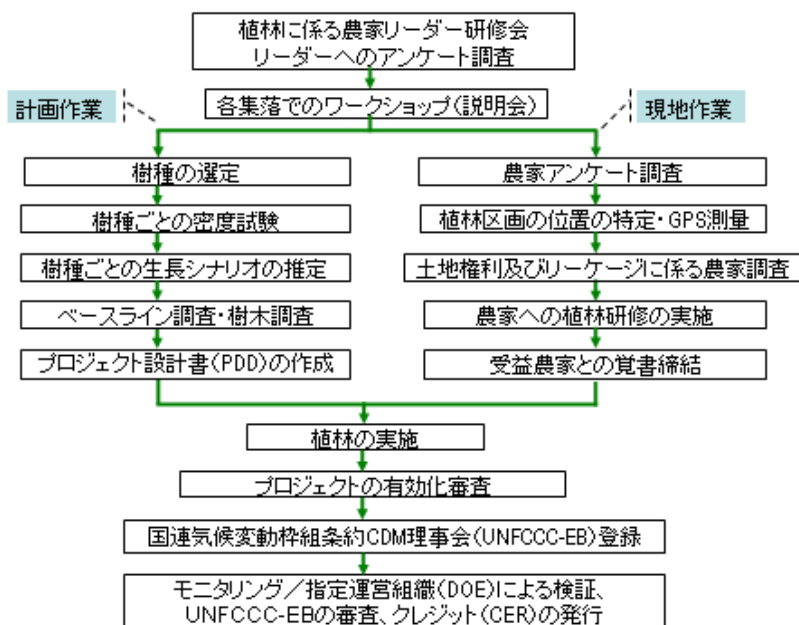


図 1.2 農家の植林ニーズの確認後、植林 CDM 事業を実施するまでの流れ

集落ワークショップで農家の植林への意欲が確認された場合、事業推進者は詳細な農家アンケート調査を実施する。本プロジェクトで実施したアンケート調査の様式は付属資料に示すとおりである。このアンケート調査は、具体的な植林区画の設定等、次の段階の作業の基礎となるものである。

図 1.2 のうち以下については、技術的な調査が必要であり、事業推進者が直接実施するか、外部の専門機関への委託により実施する必要がある。

- (1) 植林区画の位置の特定・GPS 測量
- (2) 樹種ごとの密度試験
- (3) 樹種ごとの成長シナリオの推定
- (4) ベースライン樹木調査

JIRCAS は上記の調査をアスンシオン大学に委託した。

植林区画の位置の決定では、前段階で実施したアンケート調査結果がベースとなる。

本プロジェクトでは、植栽樹種として *Eucalyptus camaldulensis*、*Eucalyptus grandis* 及び *Grevillea robusta* を選定した。これらの樹種の成長シナリオについて、既存文献を調査したところ、ユーカリ (*Eucalyptus camaldulensis* 及び *Eucalyptus grandis*) はパラグアイにおける成長シナリオの存在が確認されたので、*Grevillea robusta* のみ試験を行った。

本マニュアルでは、アスンシオン大学の報告書に基づき、これらの基礎調査の具体的な内容について例示する。

2 植栽区画の調査

2.1 調査目的

本調査の目的は、パラグアリ県アカアイ市及びサンロケ・ゴンザレス市における 9 地区 21 集落内の約 360 区画の植林予定地において、GPS を用いた植林境界の把握、現況土地利用、植生状況、アグロフォレストリーへの意向等に係るデータ収集を行うことを目的とする。

本調査では以下を内容とする。

- ・ 調査地域、データ収集の内容、データ収集方法
- ・ 新たな地区の基礎図面
- ・ 各農家の図面及び面積
- ・ 各植林区画の図面及び面積
- ・ 各植林区画における土地利用、作物及び植生
- ・ 各植林区画に存在する樹木
- ・ 各植林区画の現況写真
- ・ 各植林区画におけるアグロフォレストリーに対する農家の意向
- ・ 各植林区画における選定樹種

2.2 調査地域、データ収集の内容、データ収集方法

(1) 調査地域

調査地域は下表のとおりである。

表 2.2.1 調査地域

市	地区	集落
アカアイ市	Costa Báez Caaguy	20 de Julio
		San Juan
		Maria Auxiliadora
		Cabello
	Costa Báez Yuquyty	Itakyty
		Yuquyty
		3 de Febrero
		Laguna Pytá
	Laguna Pytá	Laguna Pytá
		Tape Guazú
小計	3	9
サンロケ・ゴンザレス市	Arasaty	San Blas
		Carrera
		Rincón Sur
		Rincón Costa
	Moquete	Moquete
		Mbocayaty
		Mbocayaty
		Aguai'y mi
	Cerrito	
小計	5	7
その他集落	Isleria	Isleria
		Tapytangua
		Costa Peña

	Ybyraity Ñu ahi	Ybyraity Ñu ahi
小計	5	5
計	13	21

(2) 調査内容

調査の目的、数量等は下表のとおりである。

表 2.2.2 調査目的及び内容

No	区分	目的	数量
1	地区の基本図	一般基本情報	9 図面
2	各農場の GPS による境界計測（以前に計測されていない場合）	土地所有者に係る基本情報	150 戸
3	植林予定区画の GPS による境界計測	CDM プロジェクト	360 区画
4	植林予定区画における現況土地利用、耕作、植生	PDD 作成のためのベースライン	360 区画
5	植林予定区画における既存樹木	PDD 作成のためのベースライン	360 区画
6	植林予定区画の現況写真	PDD 作成のためのベースライン	360 区画
7	植林予定区画におけるアグロフォレストリーの農家意欲	PDD における植林計画	360 区画
8	植林予定区画における植栽樹種	PDD における植林計画	360 区画
9	調査報告書及び GIS データベースの作成	DOE 審査	全データ

(3) 調査方法

1) 地区の基本図

調査地域内の地区（Compañía）ごとに植林予定区画の位置及び境界を表示し、基本図とするため、植林計画図の作成及びデジタル分析、衛星画像解析、航空写真解析を行った。基本図の個別データは、現地視察と GPS により収集した。

GPS では以下の座標を測定した。

- ・ 地区の境界
- ・ 道路網
- ・ 水資源（小河川、河川、湧水、湖沼）
- ・ プロジェクト受益者の農場の位置
- ・ 植林予定区画の位置
- ・ 地区の主要公共施設の位置

地区の基本図は、GPS 情報を調整、統合化し、GIS（Arc View 3.2）へ入力し、編集、図化を行うことにより作成した。

2) 参加農家の植林予定地の境界に係る GPS 測定

参加農家の GPS 測定は、a) 農家が植林を希望する区画で、事前アンケート調査の結果 0.5ha 以上のものの境界測定、及び b) これまで地理的位置を測定しなかった農家で、植林を希望する農家の境界測定を目的として実施した。

GPS 測定上の留意事項は以下のとおりである。

- ・ 農家が複数の区画で植林を希望する場合、区画ごとに計測
- ・ 事前アンケート調査では 0.5ha 以上の面積を希望しながら、実際には 0.5ha 未満の区画となる場合は、アンケート調査結果に従い、境界を修正する。
- ・ 各植林予定地には木杭を設置する。この木杭は少なくとも 2 年間使用可能なもので、認識可能なよう塗料で着色する。

3) 土地利用、既存樹木、写真撮影、農家のアグロフォレストリーへの意向、各区画での樹種の選定

植林地のベースラインに係る情報は、口頭での聞き取り、観察、各植林予定区画における写真撮影により、以下のとおり収集した。

- ・ 農家への質問と調査者の観察により、土地利用の現状につき、a)耕地、b)草地、c)休耕地に区分して、取りまとめた。
- ・ 植林予定地に存在する樹木について、観察により樹木の種類と高さを確認した。その後、樹種ごとの数を点検した。
- ・ 各植林予定区画の現状について、平均 5～8 枚の写真撮影した。
- ・ 各植林区画におけるアグロフォレストリーの意向につき、農家に確認した。
- ・ 各植林予定区画においてプロジェクトのより植林を希望する樹種について、農家に確認した。

2.3 調査結果

調査では 9 地区について、以下のとおり調査結果をまとめた。

(1) 基本図

(2) 農家所有地

(3) 植林予定地

- ・ 植林区画
- ・ 現況土地利用
- ・ 既存樹種
- ・ アグロフォレストリーの意向、植栽樹種

ここでは、9 地区の中から Costa Báez Caaguy 地区における調査結果を事例として記載する。

2.3.1 基本図

Costa Báez Caaguy 地区の基本図は図 2.3.1 のとおりで、各受益農家の農場及び植林予定区画の位置を表示した。

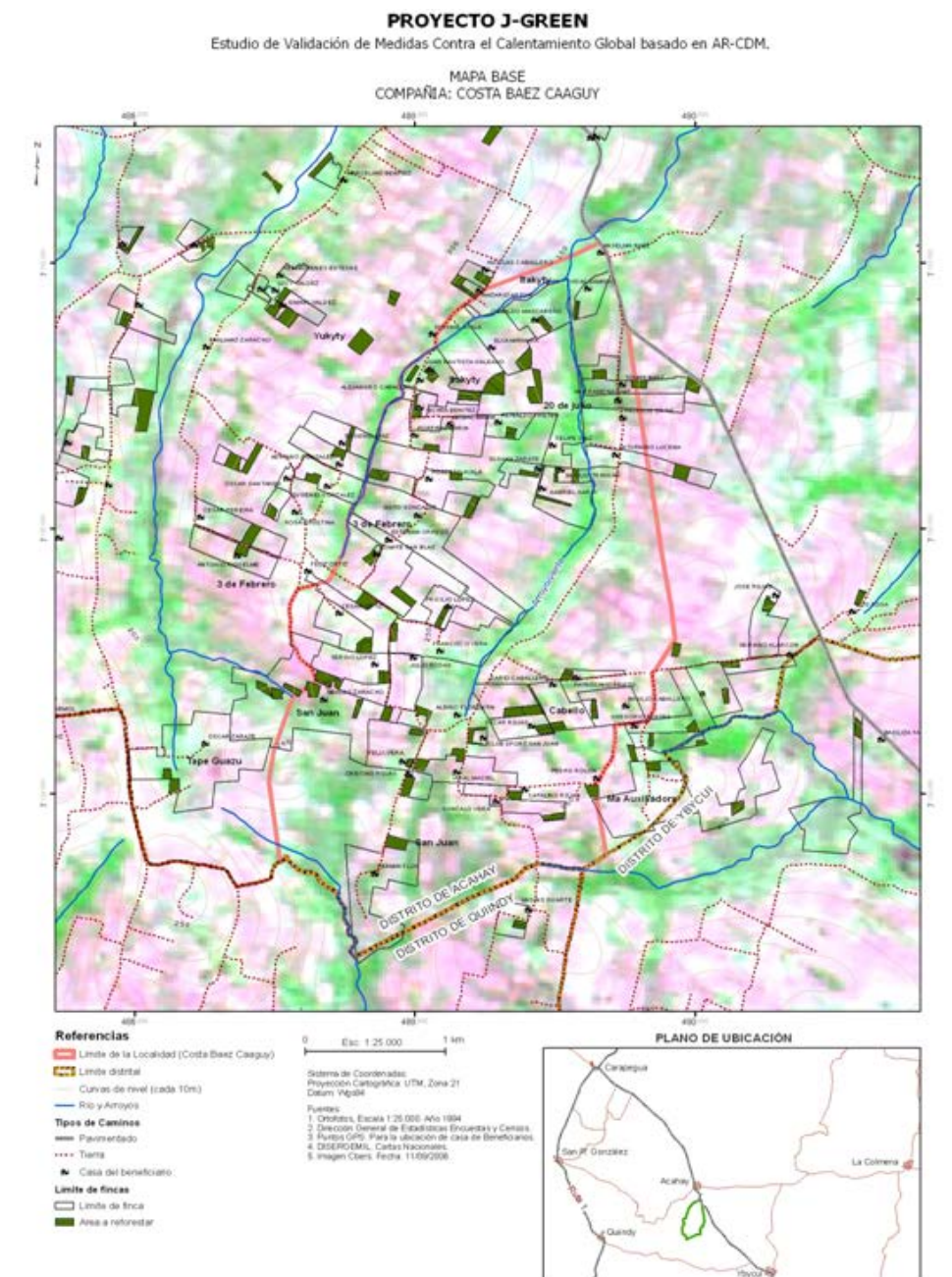


図 2.3.1 Costa Báez Caaguy 地区の農場及び植林予定区画位置に係る基本図

基本図から、この地区が北部で Costa Báez yuquyty、Arroyo Verde 及びアカアイ市に接し、東部で Zanjita 及び Caraguatay mi、西部で Costa Báez Yuquyty、南部で Costa Irala 及び Quiindy punta と接していることがわかる。

この地区とアカアイ市を結ぶアスファルト道路は 20 de Julio 集落で交差し、20 de Julio、San Juan 及び Itakyty 集落を結ぶ土砂道路は整地されている。San Juan 集落から、Cabello 及

び Maria Auxiliadora 集落へ道路が分岐している。

この地区では、San Juan 集落を水源とし、この集落を南から北へ流れる Verde 川と、San Juan 集落近くを水源に、Costa Báez Yuquyty 集落と自然境界をなし、南から北へ流れる小河川の 2 本の河川が存在する。これらの河川の傾斜方向から、この地区が Verde 川を主要河川とする小流域を形成していることがわかる。

基本図にはプロジェクト参加者の住居位置も表示している。

基本図のデータは、Arc View のデジタル・フォーマットに入力し、衛星画像、航空写真図、受益者の農場及び植林予定区画の図面などを含む情報の整合性につき検証を行った。

2.3.2 農家ごとの農場の図面

表 2.3.1 では、農場の地理的位置を測定した農家数、測定していない農家数、集落別の平均農場面積を示す。

この地区全体の農家数 53 戸のうち、44 戸について農場の境界を確認した。境界確認していない 9 戸は、本人の都合や調査に消極的なことによる。この地区の農場平均面積は、10.96ha で、Itakyty 集落が最も小さく (7.88ha)、San Juan 集落が最も大きい (15.55ha)。農家数及び農場面積の集計結果は下表に示すとおりで、各集落とも経営規模 20ha 未満の小農が多数を占めていることがわかる。

表 2.3.1 Costa Báez Caaguy 地区の 5 集落における農場の数及び面積

集落名	GPS 調査した農場数	GPS 調査しなかった 農場数	農場数計	平均農場面積 (ha)
20 de Julio	9	0	9	10,45
San Juan	10	2	12	15,55
Maria auxiliadora	8	3	11	12,83
Cabello	7	1	8	8,09
Itakyty	10	3	13	7,88
計	44	9	53	10,96

2.3.3 植林区画に係る図面及び情報

1) 植林区画の図面及び面積

表 2.3.2 では、集落ごとに境界計測した植林予定区画の数、平均面積、農場面積に対する比率を示す。

表 2.3.2 Costa Báez Caaguy 地区 5 集落における境界計測した植林予定区画の数及び面積

集落名	GPS 調査植林 予定区画数	区画の平均面積 (ha)	農場面積に占める植林予定 区画面積の割合(%)
20 de Julio	14	0.96	9.23
San Juan	20	0.71	4.60
Maria Auxiliadora	18	0.55	4.32
Cabello	15	0.81	10.07
Itakyty	19	0.65	8.19
計	86	0.74	7.28

この地区では、86 の植林予定区画があり、20 de Julio 集落（14 区画）が最も少なく、San Juan 集落（20 区画）が最も多い。

これら 5 集落における植林予定区画の平均面積は 0.74ha で、パラグアイの森林定義の最小面積 0.5ha を上回っている。最も平均植林区画面積の小さい集落は Maria Auxiliadora の 0.55ha、最大は 20 de Julio 集落の 0.96ha であった。

農場全体に占める植林予定区画の面積割合は、7.28%である。これは、農家が所有地のほぼ 1/10 を植林プロジェクトに提供することを意味している。Cabello 集落は 10.07%と最も高く、Maria Auxiliadora 集落は 4.32%と最小であった。

2) 現況土地利用

現況土地利用とは、植林予定区画における実際の土地利用をいう。本調査では、耕地（トウモロコシ、綿、ポロト豆、マンジョカ、緑肥その他の作付け）、草地（自然草地、牧草を播種した放牧地、採草地）及び休耕地に、土地利用を 3 区分した。

表 2.3.3 に、5 集落における土地利用区分別の面積集計結果を示す。

表 2.3.3 Costa Báez Caaguy 地区における植林予定区画の現況土地利用状況

集落名	土地利用		
	耕地, %	草地, %	休耕地, %
20 de Julio	47.7	25.6	26.7
San Juan	40.6	29.4	30.0
Maria Auxiliadora	41.0	27.2	31.8
Cabello	57.0	18.0	25.0
Itakyty	12.3	43.0	44.7
平均	39.7	28.7	31.6

本地区では、ほぼ 40%の耕地、31.6%の休耕地、28.7%の草地が植林予定地として選定されている。

植林予定区画の現況土地利用について集落間で比較すると、20 de Julio、San Juan 及び Maria Auxiliadora 集落は傾向が類似しており、この地区の平均値を代表している。一方、Cabello 集落では 57%が耕地、18%が草地、25%が休耕地となっている。Itakyty 集落では、耕地は 12.3%に過ぎず、88%が草地又は休耕地である。

3) 既存樹木

既存樹木の調査では、植林予定地における樹木本数、樹種、樹高を対象とする。表 2.3.4 に、集落ごとの植林予定区画内における樹高範囲別の平均樹木本数を示す。

表 2.3.4 Costa Báez Caaguy 地区における植林予定区画内の平均樹木本数

集落名	既存樹木の平均本数					計
	< 2 m	2 – 3 m	3 – 4 m	4 – 5 m	> 5 m	
20 de Julio	6.3	4.8	4.1	12.7	7.1	35.0
San Juan	36.2	5.2	1.8	4.5	16.3	64.0
Maria Auxiliadora	3.9	9.5	2.1	1.2	30.0	46.7

Cabello	0.14	0.14	1.7	3.0	17.6	22.6
Itakyty	1.3	6.0	8.3	8.5	32.0	56.1
計	47.84	25.64	18.0	29.9	103.0	224.4
平均	9.6	5.1	3.6	5.98	20.6	44.9

本地区では、植林予定区画内に平均 45 本の樹木がある。5 集落間で比較すると、San Juan 集落(64 本)が最も多く、Cabello 集落(22.6 本)が最少である。

樹高別の本数では、地区レベルで 5m 以上の樹木が最も多く (20.6 本)、2m 未満の樹木数 (9.6 本) がこれに次いでいる。樹高 2～5m の樹木数は階層別にあまり変化はない。

表 2.3.5 に既存樹木の種類数を示す。

表 2.3.5 Costa Báez Caaguy 地区における樹種別の樹木数

集落名	Eucalipto/ paraíso	Cocotero (アブラヤシ)	Lapacho	Ybyra pyta	他の種	計
20 de Julio	0	188	25	33	104	350
San Juan	4	305	535	17	296	1,157
Maria Auxiliadora	2	58	11	106	336	513
Cabello	0	50	19	25	64	158
Itakyty	40	216	12	41	250	559
計	46	817	602	222	1050	2,737
平均	1.70	29.8	22.0	8.11	38.30	100

この表では、総数 2,737 本の木が植林予定地に存在し、San Juan が最も多く、Cabello が最少である。

表 2.3.5 では、ユーカリ、パライスなどの外来種は 1.7%にすぎず、在来種であるアブラヤシが 30%近くを占め、卓越している。

植林予定地で見られる樹種のうち 68%以上が在来種で、うちラパーチョとイビラピタの割合が高い (各々22.0%、8.11%)。

4) 現況の写真データ

受益農家の区画で撮影した写真は、現況植生、既存樹木、地形の検証のための根拠資料となる。表 2.3.6 に、植林予定地で撮影した写真数を示す。

表 2.3.6 Costa Báez Caaguy 地区の植林予定区画における撮影写真数

集落名	植林区画	写真数	植林区画当たり平均
20 de Julio	14	64	4.6
San Juan	20	128	6.4
Maria Auxiliadora	18	66	3.7
Cabello	15	46	3.1
Itakyty	19	97	5.1
計	86	401	4.7

本地区では 401 枚の写真を撮影し、1 植林予定区画当たりの撮影枚数は 3～6 枚である。この写真により、区画の現状、受益者、木杭による境界位置の設定状況を確認可能である。

5) アグロフォレストリーの意向及び植栽樹種の選択

表 2.3.7 に、アグロフォレストリーを希望する農家数と樹種ごとの植栽希望面積を示す。

表 2.3.7 アグロフォレストリーの希望農家数及び樹種別の植栽希望面積

集落名	アグロフォ レストリー 希望農家数	PPE, ha	PCE, ha	計 (E), ha	PPG, ha	PCG, ha	計 (G), ha	合計(E + G), ha
20 de Julio	5 戸(9 戸)	3,13	2,58	5,71	0,0	2,97	2,97	8,68
San Juan	8 戸(12 戸)	4,29	0,77	5,06	6,03	0,95	6,98	12,04
Maria Auxiliadora	6 戸(11 戸)	1,50	2,53	4,03	0,62	1,39	2,01	6,04
Cabello	7 戸(8 戸)	0,69	2,77	3,46	0,0	2,93	2,93	6,39
Itakyty	7 戸(13 戸)	3,62	2,03	5,65	1,12	1,94	3,06	8,71
計	33 戸(53 戸)	13,23	10,68	23,91	7,77	10,18	17,95	41,86

注) PP: 単層林、PC: アグロフォレストリー、E: Eucalipto、G: Grevilea

表 2.3.7 では、53 戸のプロジェクト参加希望農家のうち 33 戸がアグロフォレストリーを計画している。このことは受益者の 60%以上がアグロフォレストリーを希望していることを示している。

集落別では、いずれの集落も農家の 50%以上がアグロフォレストリーを希望している。

選択する樹種について、100%がユーカリ又はグレビレアとの組み合わせを希望していることがわかる。

本地区では、合計 41.86ha の植林を必要とし、うち 23.91ha(57.1%)はユーカリ、17.95ha(42.9%)はグレビレアである。San Juan 集落は植林予定面積が最大で、Maria Auxiliadora 集落は最小である。

2.4 結論

本調査結果により、以下が結論づけられる。

- (1) 地区ごとの基本図は、各地区の航空写真及び衛星画像でカバーされ、境界、道路網、水資源、集落に係る地理的位置のデジタル情報を含んでいる。さらに、受益農家の農場及び植林予定区画の境界図、農家の住居位置を表示している。
- (2) 本調査期間において、223 農場（アカアイ市で 109、サンロケ市で 114）について、GPS により境界位置を測定した。うち 184 農場(82.5%)で GPS 座標を計測し、その総面積は 1,395ha に及ぶ。受益農家の約 50%はアグロフォレストリーを希望している。
- (3) 本調査では、328 区画（アカアイ市 168 区画、サンロケ市 160 区画）の植林予定地の境界位置を計測した。この総面積は 243.25ha で、100%の農家がユーカリ又はグレビレアの植栽を希望した。ユーカリ（151.98ha）の植栽要望はグレビレア（91.27ha）を上回っている。
- (4) 平均的には、328 箇所の植林予定区画では、以下の特徴がある。
 - ・ 植林予定区画の現況土地利用は、耕地 30%、草地 35%、休耕地 35%である。
 - ・ 1 区画当たり 38 本の樹木があり、その 63%は 5m 以上となっている。

- ・ 既存樹種の中でアブラヤシ（59.2%）が最も多く、他の在来樹種（40.4%）が続き、外来種はわずか（0.4%）である。

3 植栽樹種の密度試験

3.1 概要

木材の品質は多くの技術的特性で説明されるが、とくに密度は重要である。

本調査では、*Grevillea robusta*、*Eucalyptus camaldulensis* 及び *Eucalyptus grandis* の 3 種について、密度算定を行うことを目的とする。試料は、パラグアリ県の La Colmena 市、Mbatovi 地区から得られた。この試験は採取地域に存在する樹木を伐採し、同一の木のうち下部、中部、上部から試料を切り出し、それぞれ試験を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- ・ 同一樹木の部分間では有意な差は存在しなかった。
- ・ 基礎的密度は、*Eucalypts camaldulensis* で $650,174 \text{ kg/m}^3$ 、*E. Grandis* で $528,181 \text{ kg/m}^3$ 、*Grevillea robusta*. で $538,346 \text{ kg/m}^3$ であった。
- ・ *Eucalyptus spp.* については樹高に対する密度の相関はなかった、グレビルアでは樹高の増に応じて密度が増加した。
- ・ これらの数値は、近隣国で公表された研究結果と一致している。

3.2 方法

(1) 計画

試料の採取場所は、INFONA 及び MAG の地域事務所からの情報、地元での直接情報に基づき決定した。採取場所は、12～15 年生という最低平均樹齢、個体数、パラグアリ県全体の植生を代表するものから選定した。

標本採取は、現地視察により、パラグアリ県内において、既存の植林地の位置、樹齢や適切な植栽密度などの条件に合う植林地の点検から始まった。調査チームは標本を採取し、UNA 林学科まで輸送し、実験用に加工後、実験を行った。

(2) 実験材料

実験材料は、林業管理の行われていない植林地から入手した。試料はいずれもパラグアリ県内から得られた。*Eucalyptus camaldulensis* 及び *E. grandis* の標本はパラグアリ市の Compañía Mbatovi から伐採した。この植林地で採取した *E. camaldulensis* 及び *E. grandis* は、平均胸高直径 (DBH) 25.5cm 及び 28.5cm、平均樹高 18.9m 及び 22.3m で、およそ 19 年生であった。

Grevillea robusta の標本はアスンシオン市から 150km の La Colmena 市 Compañía Pindoty で採取した。この植林地は、DBH33.43cm、樹高 19.2m、樹齢はおよそ 24 年であった。採取位置は図 3.2.1 に示す。

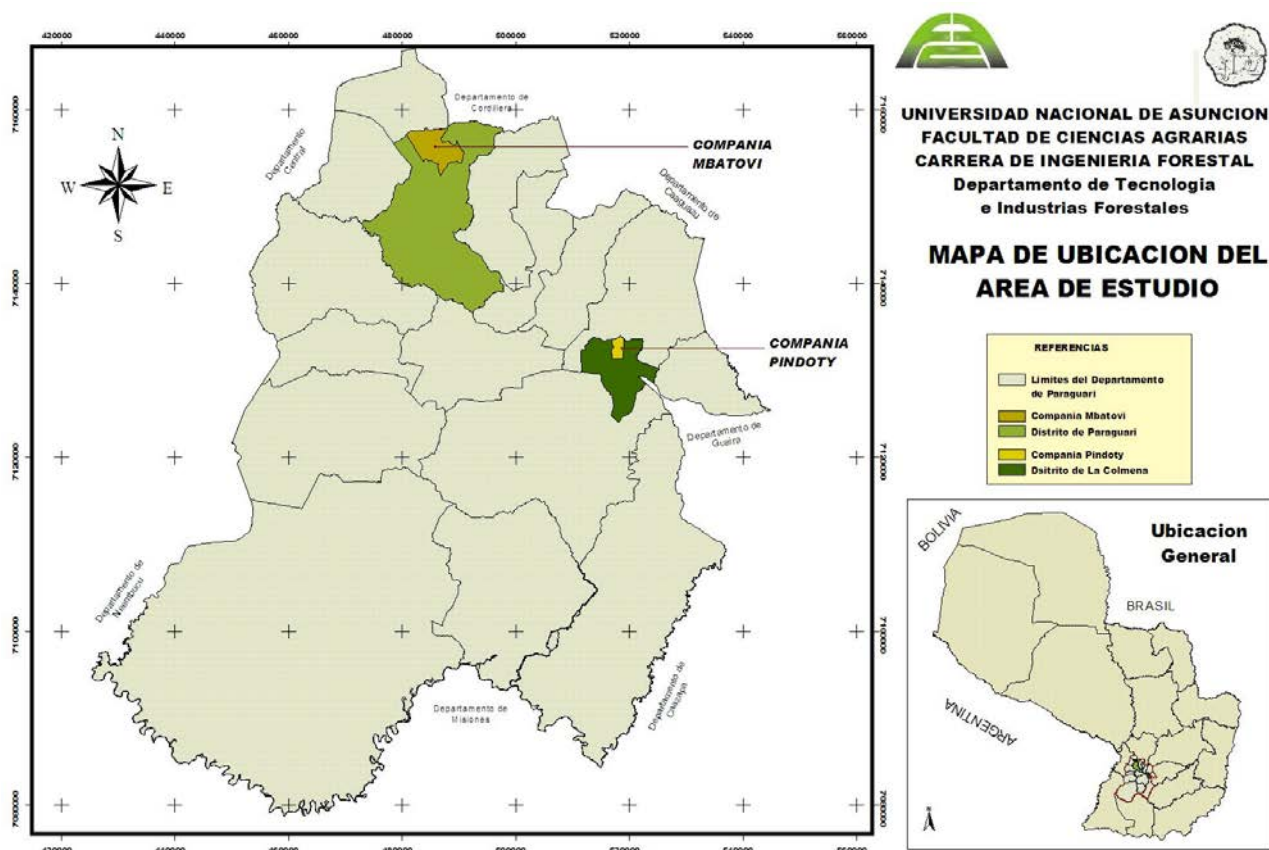


図 3.2.1 試料採取位置図

(3) 現地作業

現地作業は以下に区分される。

- ・ 植林地における樹種の確認
- ・ 選抜及びマーキング：任意抽出により 5 本を選抜し、マーキングする。これらの木は、幹に傷をつけず、隣接する木にダメージを与えないように、一定方向に向けて伐採した。その後、枝を除去し、幹だけを残した。
- ・ 試料は、DBH（地上 1.3m）位置から上部に向けて均等に 3 箇所（下部、中部、上部）で切断し、採取した。極端に質の悪い箇所は除去し、30cm 厚さで試料を切り出した。切り出した試料は全て欠陥のないものであった。
- ・ 切り出した試料の切断面はスプレーでコーティングし、プラスチックの袋に入れ、密封し、木の番号、部位を記載したラベルを張り、輸送した。

(4) 木工室での試料の加工

厚さ 30cm の輪切り試料は、5cm 厚さとなるように試験室で再切断した。5cm 厚さの試料は、新たにラベリングし、4 分割し、目につく傷のあるものなどは除外した。各 4 分割片からは樹皮を取り除き、水分が消失しないようコーティングし、プラスチックの袋に密封した。その後、試料を実験室へ運搬した。

(5) 乾燥密度の決定

1) 生木状態の試料の容量決定

材積は、アルキメデスの原理により、排除された水量に基づく直接法で実施した。各試料を水に浸す前後の重量を計測し、データ・シートに記載した。同様の手順で、3 種の樹種を計測した。

2) 試料の乾燥

生木の試料は金属製のトレイに並べ、木の中にある自由水が空中に発散するよう数日間実験室内で空気中にさらした。その後、試料は乾燥機に入れ、最初は 40°C で 48 時間乾燥させ、徐々に 48 時間ずつ 65°C、80°C へ上昇させ、最終的には 103±3°C で乾燥させた。これは、特定乾燥重量を決定するための COPANT N°461 法によるものである。この乾燥作業は、試料を 2 度計測して同一となるまで継続した。

乾燥中、水分蒸発量を記録するため、定期的に重量計測した。

3) 試料の基礎密度の決定

以下の算定式を適用する。

$$P_e = \frac{P_0}{V_h}$$

ここで、

P_e : 基礎密度 kg/m³

P_0 : 乾燥重量 kg

V_h : 生木状態の材積 m³

4) データ処理

試料から得られた基礎密度は、樹種ごとに平均して求めた。

3.3 結果

3.3.1 *Eucalyptus camaldulensis*

Eucalyptus Camaldulensis の平均基礎密度は、650.174 kg/m³ である。信頼区間は下位が 623.463 kg/m³、上位が 676.886 kg/m³ で、信頼水準 95% である。誤差は 4.108% と小さく、密度データにはあまり変化がない。

表 3.1.1 *Eucalyptus camaldulensis* の基礎密度 (19 年生)

樹種	基礎密度(kg/m ³)	部位(kg/m ³)		
		下部	中部	上部
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	636.841	636.841		
	669.551		669.551	
	637.825			637.825
	653.050	653.050		
	727.931		727.931	
	687.943			687.943
	618.367	618.367		
	592.985		592.985	
	625.844			625.844
	678.885	678.885		
	704.995		704.995	
	700.294			700.294
	535.536	535.536		
	644.153		644.153	
	638.414			638.414
平均	650.174	624.536	667.923	658.064

表 3.1.2 *Eucalyptus camaldulensis* の決定値

平均	650.174
誤差 (%)	4.108
標準偏差	48.343
信頼区間の下限値	623.463
信頼区間の上限値	676.886
信頼水準	95%

Meskimen (1990)によると、*Eucalyptus Camaldulensis* の基礎密度は 620～800kg/m³ で変動するとしている。若木の場合は、593 kg/m³ 程度で変化する (www.rlc.fao.org)

Pan, et al. (2004)によると、Santiago del Estero,における *Eucalyptus Camaldulensis* の調査では、7 年生は 650～680 kg/m³ で基礎密度が変化しており、本調査結果と一致している。

Ananias (2006)によると、*Eucalyptus camaldulensis* の密度は重い種に準ずる木材として扱われる。

3.3.2 *Eucalyptus grandis*

Eucalyptus grandis の平均基礎密度は、528.182kg/m³ である。信頼区間は下位が 503.570 kg/m³、上位が 552.794 kg/m³ で、信頼水準 95%である。誤差は 0.004%と非常に小さく、試験データの信頼性を示している。

表 3.2.1 *Eucalyptus grandis* の基礎密度(19 年生)

樹種	基礎密度(kg/m ³)	部位(kg/m ³)		
		下部	中部	上部
<i>Eucalyptus grandis</i>	534.193	534.193		
	507.846		507.846	
	604.631			604.631
	527.305	527.305		
	479.883		479.883	
	489.585			489.585
	517.102	517.102		
	484.889		484.889	
	513.004			513.004
	544.229	544.229		
	518.952		518.952	
	525.816			525.816
	648.590	648.590		
	510.413		510.413	
	516.295			516.295
平均	528.182	554.284	500.397	529.866

表 3.2.2 *Eucalyptus grandis* の決定値

平均	528.182
誤差 (%)	0.0041
標準偏差	44.440
信頼区間の下限値	503.570
信頼区間の上限値	552.794
信頼水準	95%

得られた平均密度は、アルゼンチンの Corrientes 州の林業管理を行っていない区画で López *et al* (sf)により得られた結果、523.6 kg/m³と近似している。Sepliarsky (2002)は Corrientes 州の植林地で、7 年生のこの種について、平均基礎密度 520 kg/m³としている。

Sánchez, (2003)は、アルゼンチン Concordia での植林地で、17 年生の *E.grandis* を試験したところ、基礎密度 578 kg/m³を得ており、本調査の試験結果を上回っている。Hoyos, *et al* (1999)は、コロンビアで樹齢 7 年の *Eucalyptus grandis* で実験し、400～590 kg/m³の基礎密度を得ている。

Sánchez (sf)によると、Concordia の CICELPA (INTI)での *Eucalyptus grandis* の試験で、13～15 年生、7 地点での 40 本について、最大 0.533 gr/cm³、平均 0.433 gr/cm³、最小 0.352gr/cm³の基礎密度を得ている。この最大値は本調査の結果と一致する。LOPEZ (SANCHEZ (sf)の引用による)は、南アフリカから導入した *E.grandis* について、Corrientes 州 Bella Vista で、10 年生の材を試験したところ、最大限の水分を含ませた状態における基礎密度は、粘性土壌に育った木で 0.433 gr/cm³、砂質土壌で 0.409 gr/cm³、混合土で 0.397 gr/cm³、平均は 0.413 gr/cm³であった。

TINTO 及び ROTILI(1989) (SANCHEZ (sf)からの引用による)は、*E.grandis* の横断面からの基礎密度は、外側で 0.464 gr/cm³、内側で 0.470 gr/cm³、中心部で 0.431 gr/cm³であったとしている。

得られた結果を見ると、部材の中では幹の下部における基礎密度が高いことがわかるが、こ

れは Calvo, et al (2006)がアルゼンチンのメソポタミア地域において植栽された *Eucalyptus grandis* の樹高、木の中心部までの距離によって変化を調査した結果と一致する。

Ananias (2006)によると、INFOR(1990)において *Eucalyptus grandis* の密度は軽い種の木材として扱われる。

3.3.3 *Grevillea robusta*

Grevillea robusta の平均基礎密度は、538.346 kg/m³である。信頼区間は下位が 523.798 kg/m³、上位が 552.895kg/m³で、信頼水準 95%である。誤差は 0.079%と小さく、試験データの信頼性を示している。

表 3.3.1 *Grevillea robusta* の基礎密度(24 年生)

樹種	基礎密度(kg/m ³)	部位(kg/m ³)		
		下部	中部	上部
<i>Grevillea robusta</i>	511.718	511.718		
	531.140		531.14	
	540.775			540.775
	575.623	575.623		
	537.648		537.648	
	567.322			567.322
	510.893	510.893		
	563.009		563.009	
	563.475			563.475
	548.959	548.959		
	556.679		556.679	
	552.235			552.235
	498.638	498.638		
	490.157		490.157	
	526.927			526.927
平均	538.346	529.166	535.726	550.146

表 3.3.2 *Grevillea robusta* の決定値

平均	538.346
誤差 (%)	0.079
標準偏差	68.670
信頼区間の下限値	523.798
信頼区間の上限値	552.895
信頼水準	95%

Chavesta, (2005)によると、ペルーでのこの材の試験結果では、0.60 g/cm³であった。Zárate et al (2001)によると、Veracruz 州での試験では、本調査に近い 0.487 g/cm³であった。

Ananias (2006)によると、INFOR(1990)において *Grevillea robusta* の密度は軽い種の木材として扱われる。

3.4 結論

Eucalyptus camaldulensis 及び *Eucalyptus grandis* の基礎密度試験結果は、アルゼンチンの異なる州で栽培された同種の公表された調査結果と一致している。

Grevillea robusta の基礎密度については、文献のデータとの違いが見られたが、樹齢が表示されていないので、比較は適当ではない。誤差の小ささは、試験結果の信頼性を示している。

3 種の木の部位（下部、中部、上部）による基礎密度の有意な差は見られなかった。これらの部材において、*Grevillea robusta* では樹高の増に従って基礎密度が高まる傾向が見られた。しかし、ユーカリ種では樹高による密度変化に規則性はなかった。

Eucalyptus camaldulensis は重い種に準ずる木材、*Eucalyptus grandis* 及び *Grevillea robusta* は軽い木材に該当する。



写真 3.1: 標本木の選定及びマーキング

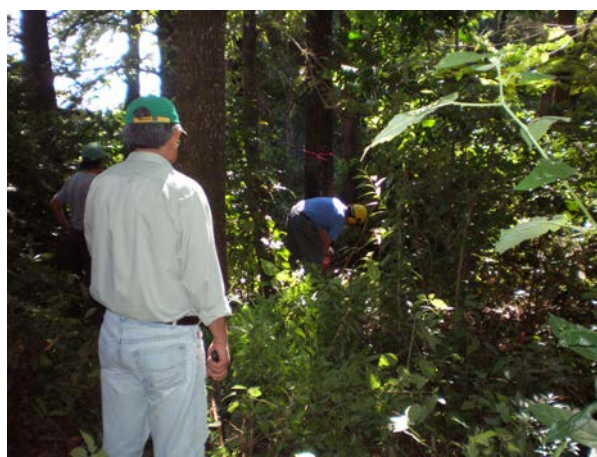


写真 3.2: 指定した方向への伐採



写真 3.3: 部材の切り出し



写真 3.4: 部材の切り出し



写真 3.5: 輪切り試料両面へのコーティング



写真 3.6: 輪切り試料両面へのコーティング



写真 3.7: 試料のプラスチック袋への詰め込み



写真 3.8: 試料のプラスチック袋への詰め込み



写真 3.9: 試料の容積の計測



写真 3.10: 生木の重量の計測



写真 3.11: 試料の乾燥



写真 3.12: 試料の乾燥重量の計測

4 グレビレアの成長シナリオ

4.1 概要

利用可能な森林及び森林資源に係る情報は、持続的な森林管理及び国の森林開発一般のために欠くことのできないものである。グレビレア種に関する情報については、その範囲、質とも、林業経営にとって適切なものとするためには不十分なレベルである。

グレビレアの成長シナリオの決定に当たり、以下が重要である。

- ・ グレビレアによる植林地の標本樹齢の決定
- ・ 樹径及び樹量の増加量の推定
- ・ 異なる樹齢における樹量に基づく、適切な間伐時期、主伐時期の推定

本調査は、パラグアリ県コルメナ市で採取された *Grevillea robusta* A. Cunn の樹径、樹高、材積の増加、さらに単年ごとの材積増加量及び年平均材積増加量を推定するものである。このため、24年生のグレビレア植林地のうち優勢な樹木から標本となる木を選定した。これらの標本は伐採し、Smalian 法に従って、試料を切り取り、成長の年輪を分析し、実際の材積を決定するために使用した。

円盤状に切断した試料は、厚さ約 3cm で、地上部の高さ 0.1m、0.7m、1.3m から切り出し、1.3m からは木の頂部まで 2m 間隔で採取した。成長年輪の計測は、幹の分析技術により実施した。この調査から、パラグアリ県におけるグレビレア種の成長に係る代表的なシナリオが推定され、年間平均成長量 (MAI) は $0.012 \text{ m}^3/\text{本}$ 、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ の樹木密度で 20 年のローテーション栽培、2 回の間伐を行うとして、年間約 $11 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$ の成長量が見込めることが分かった。

4.2 文献調査

4.2.1 グレビレア種の一般特性

グレビレアは Proteaceae 種に属している。Lamprecht (1990) は、この種について、樹高 30～35m、DBH50～60cm まで成長する常緑広葉樹としている。幹は一般に直線的で、円柱状であり、枝の分岐が多い。林冠は広がる傾向があり、かなり薄く開けている。オープンな場所で育成されると、枝は幹の全長までの長さにも広がる (Poulsen, 1983)。樹皮は暗灰色で、亀裂が多い。

花はオレンジ色で、10～20cm の長さの房となり、小枝にグループとなって咲く。果実は卵状で、木質であり、コーヒー色で、一房 20 個くらいまでに達し、枝の側に結実する (USDA Forest Service、Web ページ)。

同じ著者は、グレビレアは海岸地方の多雨地域の森林に、ユーカリ種とともに適応していると述べている。生育する地域の平均気温は $13 \sim 21^\circ\text{C}$ である。霜に対し相対的に抵抗性があるため、気温はこれより高くとも低くとも適応する。

同様に、Lamprecht (1990) は、この種の生育する土壌として、砂質シルト質で、pH が 5～7、

若干湿潤な土地を好むとしている。肥沃度が低く、中度の水分不足の土地でも耐えることができる。砂質土壌でも受け入れ可能と考えられている。Ferreira et al (2004)により引用された、Silva 及び Mazuchowski によると、アグロフォレストリー用として好まれている樹種の一つである。

グレビレアは、オーストラリアの New South Wales 及び Queensland の亜熱帯海岸地域の原産である。観賞用及び農作物向けの遮光用として、ブラジル、インド、ハワイ、ジャマイカ及びアフリカの様々な国に導入されている(Ferreira et al, 2004)。

Ferreira et al (2004)によると、グレビレアからの木材は薪から板材、家具材まで、多目的に利用されている。グレビレアの利用は、その丈夫さ、粘りの性質からも注目され、木材生産の大きな可能性がある。ただし、今のところ質の良い木材生産を目的とした大規模なプランテーション用として開発されていない。

同じ著者によると、グレビレアは耐久性が高くないため、外部での利用より、内部での利用が勧められるとのことである。良好な加工性を得るためには、時間をかけた乾燥が必要である。この木材は、外見、制約において様々なリスクを抱えており、ねじれの見られる材もあり、板材としての仕上げに困難の伴うことがある。この欠点は、不適切な植林地管理が原因と考えられている。

Lorensi do Canto 及び Schneider (2004)の引用によると、Correa は、グレビレア種を明るい茶色で、滑らか、オリーブのようで、つやがあり、弾力性がある等の特徴を述べている。また、装飾的で、内装、テーブル、木工、薪に向いている。また、この著者は密度を 0.564 g/cm^3 としている。

グレビレアの場合、木材の内部で過剰なストレスが発生すると、材としての調整と乾燥が困難となるが、内部のストレスを開放できるような冬期での伐採や横断面で加工するテーブルへの利用などにより軽減することができる(Cozzo, 1976)。

この木材は広い範囲の工業的な用途に利用可能である。製材品として 54% (生木)、ラミナーとして 24%の利用率などの試験結果がある(Tomaselli 及び Silva、Lorensi do Canto 及び Schneider の引用による、2004)。

4.2.2 グレビレアの管理

グレビレアは相対的に成長が早く、木材の質もよいので、亜熱帯地域での植林に適している。気候、土壌条件が適切で、雑草との競争が過度でなければ、樹高及び樹径の年平均成長は、少なくとも各々2m、2cmとなる。これは、列状に植栽後、最初の数年間で達成される。条件が良いところでは、年間 3m までの成長が得られている。しかし、通常、5年後からの成長率はより緩やかとなる (Santos、Lorensi do Canto 及び Schneider による引用、2004、World Agroforestry Centre ウェブ・サイト)。

樹木密度は、800~1,300 本/ha が推奨されている。通常は、2.5m×3m~3m×4m の間隔で植栽される。植栽後 2 年間では、樹木から半径 80cm の範囲で、3~4 ヶ月に 1 度、適切に除草することが勧められている。薪利用であれば、10~20 年のローテーションにより、年間 5~15 m^3/ha の成長が期待される。

グレビレアは、枝打ち作業の効果が高く、切り取った枝は支柱用に利用できる。この作業に

より、常に木産物の入手が可能で、日影を一定に保ち、隣接する土地の作物との競合を緩和する。列状植栽では、劣勢木の間伐は4～5年に1度実施し、支柱や薪への利用が可能である。植栽間隔2m×2mでは、植栽から7年ごの間伐が勧められている(CONAFOR、ウェブ・サイト)。根は成長が早いので、定期的に切除する必要がある。農家の中には、隣接地での作物との競合を避けるため、木の幹から十分離れたところで、クワによりグレビレアの根を切断、除去している(World Agroforestry Centre、ウェブ・サイト)。

グレビレアは *Jacaranda mimosifolia*、*Albizia spp.*、*Acacia spp.* 及び *Psidium guajava* などの樹種との混植が可能である。条件の良いところでは、3m×3m 間隔で植栽された優勢木は、5年間で8～9m、10年間で15m、20年で20m以上となる。ハワイでは、植栽後管理されていない土地で生育した44年生のグレビレアがDBH46cm、樹高32mに達したものがある。インドでは、3m×4mの樹木密度で、30年後にDBH50cmとなった事例がある。USDA Forest Service (ウェブ・サイト)では、植栽密度1,000本/ha、10～15年生で、10～12 m³/haの成長量があるとしている。

ブラジルでは、2m×2m 間隔の6年目で、最も良好な結果を示し、平均基礎断面積は49～61 m²/haであった。ハワイではグレビレアは一般に3m×3m 間隔で植栽されている(USDA Forest Service、ウェブ・サイト)。

典型的な農場では、グレビレアが2～4m 間隔で列をなし、又は10m×10m 間隔で圃場間に植栽されているのを見ることができる。また、この2つの方式が組み合わされている状況もしばしば見られる。植栽密度の高い農場では、100～200本/haとなっている(Poulsen, 1983)。

枝が広がる性質は、防風林として強風被害防止のほか、防風による圃場表面からの蒸発散の抑制に効果的である。しかし、低い樹木密度で植栽された場合、より強く風にさらされることでダメージを受け、樹液が浸み出すという問題がある(Fassola et al 2004)。

グレビレアは陽樹として、とくに開けた土地や耕地において自然再生力が高い。荒れた土地におけるパイロット種として利用可能である。30～40cmの深さに達する落葉を提供する。林冠は土壌を保全し、土壌温度を維持する。枝葉はアルミニウムが豊富である。(USDA Forest Service、ウェブ・サイト)

潜在的に成長力が高く、近年では改良種子の入手が容易なことから、将来は広い面積で植栽されると見込まれている(Ferreira et al, 2004)。

4.2.3 グレビレアによるアグロフォレストリーの重要性

グレビレアは熱帯地域においてアグロフォレストリー用として広く利用されてきた。圃場の防風林やトウモロコシ、豆類、バナナ、トマト、馬鈴薯、綿との混植、あるいは薪用又は景観用として住居周辺での植栽が行われている(USDA Forest Service、ウェブ・サイト)。ブラジル、パラナ州のコーヒー及びカカオ農家は *Grevillea robusta* 及び *Eucalyptus spp.* を250本、83本、50本/haの密度で植栽し、強い霜害から作物を保護している(Caramori et al 1996、en Orozco Aguilar 2005、Lamprecht, 1990)。

ボリビアのサンタクルス市では、市の南および東地域で、グレビレアを防風林として植栽している。メノニータ地区では防風用として1列で植栽している。このほか、土地の境界用にも使用されている(Orozco Aguilar 2005)。

ケニア（降雨量 500mm/年）では、農家は *Zea maiz* 及び *Oriza sativa* の圃場で、グレビレアを植栽するか、自然再生したものを管理している。この場合、グレビレアは燃料用に使用されている(Tefera et al 2001、Orozco Aguilar 2005、Price、1997)。

グレビレアの根は深く入り、地表には出てこないもので、幹の近くまで播種しても競合は小さい。葉は栄養的な価値は低いが、ケニアの一部では家畜の飼料に使われている(USDA Forest Service、ウェブ・サイト、Price、1997)。

黄色又は金色の花はミツバチに好まれ、養蜂向きの樹種としても重要である。花や葉の美しさは、景観形成、庭、公園用の樹種としても理想的である。ヨーロッパでは、葉は生け花、若木は室内観賞用に利用されている。

アグロフォレストリーでの作物への負のインパクトについては、降雨量の大きい環境では、栄養分の競合に対し日影が大きく影響することが挙げられる。アルゼンチンのミシオネス州南部における林間放牧のケースでは、7 年生のグレビレアで、林冠から 1/3 のところまで枝打ちした状態で、牧草の *Axonopus compressus* を栽培したところ、より大きな樹木密度下では、収量が減少した(Fassola, 2001)。自身の再生のため、ある種の毒性物質を有していることが知られている(World Agroforestry Centre、ウェブ・ページ)。

Skene et al (1996)は、リンの不足する土壌で育成したグレビレアに係る、別の重要な性質を見出した。著者らは、グレビレアの葉の繊維では、他の樹木に比べて窒素とリンが非常に低いレベルであることを指摘した。グレビレアがリン含有量の低い土壌にも適用可能なことは、土壌中のリンを吸収する能力だけでなく、葉の栄養分が低くとも、高いレベルの光合成を維持する能力があることを示している。

グレビレアは、直播法又は苗木の植栽により、低コストで容易に植林の可能な種である。その木材は、燃料及び工業用としての価値が高い(Poulsen、1983)。木材は木工一般用、家具、木箱に使用される。

4.2.4 グレビレアの病気

パラグアリ県 Ybycui では、グレビレアの若木が葉切り蟻(*Atta spp.* y *Acromirmex spp.*)による深刻な被害を受け、成長障害を引き起こし、幹の正常な生育が妨げられた(Grulke, 2003)。

湿潤地域では、グレビレアは *Corticium salmonicolor* のような菌類による被害を受けやすい。スリランカでは、苗畑において過湿状態におかれたとき、*Amphichaeta grevilleae*, *Cercospora spp.*, y *Phyllostica spp.* といった菌類が若木の葉や幹にかなりの被害を与えた。カリブ地域の低地部では、*Asterolecanium pustulans* による虫害の深刻な被害があった。アフリカの乾燥地域に設置されたプランテーションでは、シロアリ被害を受けている(World Agroforestry Centre, sitio Web; USDA Forest Service, sitio Web)。

4.2.5 成長

木の成長は、幹の形状、大きさの変化のほか、幹の成長に伴い新たに増加、成長する枝葉によって特徴的なプロセスをとる。幹の成長又は樹木数の増は、通常以下の数値で表わされる。

- (1) 年間成長量(ICA) : 1 年間の成長量に対応。他の全ての増加量と同様に、1ha 当りの数値で表現される。
- (2) 年間平均成長量(IMA) : ある特定の樹齢までの成長量をその樹齢で除した値、又は植栽から特定樹齢までの樹量の平均増加量。
- (3) 期間成長量(IP) : 一定期間において得られる生産量で、成長量増加の強さとともに変化する。
- (4) 年間期間成長量(IPA) : 年内の期間によって除して得られる値で、2 つの樹齢間の相違を表現する(Barusso, 1977)。

4.2.6 幹分析

幹分析は、幹の異なる高さから切り出した輪切り横断面の年輪ごとの数と長さを計測することにより、木の成長により達成した増加量を推定するものである(Husch et al., 1982; citado por Rosot et al., 2003)。

幹分析について、Rosot et al. (2003)により引用された Nagel & Athari (1982)は、以下の調査に必要なデータを提供するものとして位置づけている。

- (1)環境要素及び植林地管理（施肥、枝打ち、間伐）に関係する成長反応の調査
- (2)上記の要素の関数として、木の形状の変化に係る評価
- (3)生産モデルの作成

試験室での作業の前に、最初の段階として、木材の伐採、マーキング、輪切り横断面試料の採取という現場での作業が必要になる。この作業に続き、断面サンプルを保管場所又は試験室へ運搬し、乾燥作業に入る。乾燥が終われば、横断面サンプルは年輪がよく見えるように表面処理される。最終段階で、各横断面上でのマーキングと計測を行う。これらの計測値は、他の全ての情報とともに分析される。

4.3 方法

4.3.1 環境条件

調査地域の気候は湿潤亜熱帯である。年間平均気温は 22°C で、年間平均降水量は 1,600mm である。冬期（5 月から 8 月）には、定期的に若干の降霜が見られる(Burgos, 1998)。パラグアリ県は、一般に中間的な厚さの砂質シルト質土壌で形成され、低い丘陵の起伏のある地形となっている。酸性土壌で自然の肥沃度は低く、現状では土地生産性は低い。自然植生は、一般的に、湿性の森林、準常緑樹、多種類の木本類で特徴づけられる。条件の良いところでは、樹木は 30m まで成長し、そうでないところは 20m 程度である。調査地域では、*Cordia trichotoma*、*Cedrela fissilis*、*Tabebuia sp.*、*Copaifera langsdorfii*、*Peltophorum dubium* 及び *Pterogine nitens*

などが見られる(Grulke, 2003)。

4.3.2 データ収集

試料採取する区画は、JIRCAS プロジェクトの提示した、プロジェクト地域に類似した気象・植生条件に適応する地域内を事前調査したのち決定した。特に、最低樹齢(15 年を下回らない)、個体数、適切な樹木密度など、調査結果がプロジェクトを代表するものとなるように配慮した。このほか重要な要件として、病気によるダメージのないこと、山火事や強風被害のないことなどを設定した。

地域内にグレビレアの植林地が少ないため、パラグアリ県コルメナ市の *Compañía Pindoty* にある Luis Mitui 氏の約 0.5ha の植林地を選定した。

(1) 幹分析のための標本木の選定

幹分析のための標本木は、24 年生で 3m×3m の樹木密度の植林地内において選定した。土地所有者からの情報では、この区画では林業的な管理を全く行っていないとのことであった。この区画の樹木を任意に測定したところ、DBH 及び樹高はそれぞれ約 34cm、20m であった。区画の境界部では DBH50cm 以上の個体も見られた。日射量の多い境界での成長量増の影響を避けるため、区画内の平均的な樹木を任意に選定した。

植林地面積と樹種の単一性から、任意に 5 本の木を選定した。これらの木は、将来見込まれる樹高を考慮すると優勢木又は純優勢木である。この基準は Eichhorn による、極端ではない樹木密度と同様の樹齢にある林地のバイオマスの量的な生産は、植林地の優勢な樹高と直接関係するという原則に基づくものである(Bonilla, 1971)。

各個体では、DBH と全樹高を計測した。このデータは UNA 林学科のフォーマットに記入した。これらの DBH 及び樹高の平均値は、33.4cm、19.02m である。

(2) 横断片の採取及び計測

立木を計測したのち、事前に決めた方向に倒れるよう伐採した。その後高さごとに計測、マーキングした箇所から、チェーンソーにより輪切り断面サンプルを切り出した。

最初の 3 つの切り出し箇所は、切り株高さ(地上から 0.1m)、0.7m、1.3m (DBH) である。DBH から先は、2m 間隔で 1 つずつ、頂部に至るまで切り出した。最後の部分では、底部の直径及び底部から頂部までの長さを計測し、頂部の材積算定、最終的には樹木全体の材積を算定する基礎とした。

(3) 輪切り試料の乾燥・事後処理

現地において 3cm 厚で切り出した試料は、UNA 林学科に運搬し、22 日間乾燥した。乾燥は日陰で、風通しの良いところに試料を置くことにより行った。

乾燥後、年輪の成長がよく見えるように、断面を磨き、薬品によるコーティング処理を行った。



写真 4.1 輪切り試料の乾燥



写真 4.2 空気乾燥後の標本整理



写真 4.3 コーティング前の年輪



写真 4.4 コーティング後の年輪

(4) 幹分析

Barusso (1977)の方法に従い、年輪は中心から 4 区分し、直径が大きい場合は 45 度、それ以外は 90 度ごとにマーキングして、計測した。この後、年輪につき樹齢ごとの径、全樹高を求め、基礎断面積成長量を算定した。



写真 4.5 年輪半径の計測



写真 4.6 年輪半径の計測

4.3.3 直径の計算

樹齢ごとの直径は、計測された 4 つの半径の平均値を倍にして求める。半径および直径は、各年輪又は樹齢ごと、各サンプル又は試料採取高さ（0.1m、0.7m、1.3m 等）ごとに算定する。

4.3.4 樹高の計算

年輪の終わりを計測するため、並行仮説(Barusso, 1977)を使用する。すなわち、年輪の終わりは、年輪のなくなる最後の横断面試料において、これに隣接する年輪及びその外側の年輪の成長する角度によって与えられる。この方法により、最終的に樹齢ごとの高さを含む表が得られる。

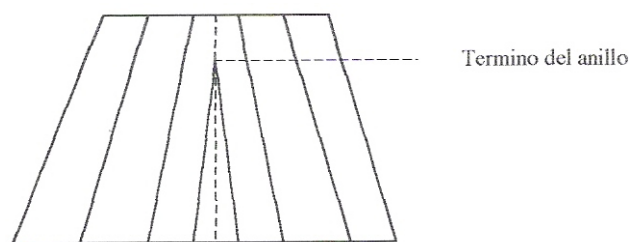


図 4.3.1: 年輪の成長の終点

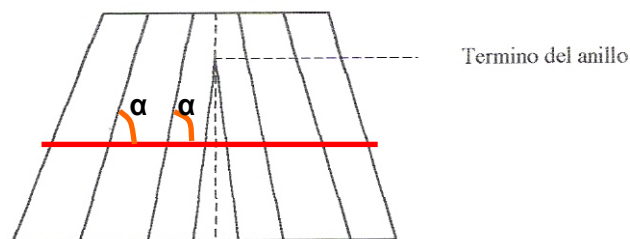


図 4.3.2: 年輪の終点の算定(並行仮説、Barusso, 1977).

4.3.5 材積計算

以下に示す Smalian の式により、材積を算定する。

$$V_t = \sum_{i=1}^n V_i + V_c$$

ここで、

V_i : 横断面ごとの材積

V_c : 頂部の材積

4.3.6 年間成長量及び年間平均成長量の算定

年間成長量は以下により算定する。

$$ICA_v = V_{t+1} - V_t$$

ここで、

ICA : 年間成長量

V_t : 樹齢(t)と樹齢(t+1)で得られる 1ha 当り材積

年間平均成長量は以下により算定する。

$$IMA_v = \frac{V_t}{t}$$

ここで、

IMA : 樹齢 t における年間平均成長量

t : 樹齢

4.4 結果及び結論

4.4.1 調査地域の土壌の特性

パラグアイ東部地域の土壌評価(1995)によると、この地域の土壌の大部分は「Rhodic Paleudalf」(Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra,1995)に属し、地形勾配 4~15% の砂質シルト質で、土地利用の地力区分では III E, Sf である。土壌は深く、地力区分上は、土壌侵食の危険度(E)が高く、肥沃度が低い(Sf)ため、作物の選択がある程度限られ、中程度の耕作又は集中的な土壌保全管理が必要とされる。このタイプの土壌では、高い排水性と栄養分の減少が特徴である。このため試料を採取した地点(ラ・コルメナ市)は、サンロケ・ゴンザレス市とアカアイ市におけるプロジェクト地域を代表するものといえる。

調査地域は自然の肥沃度が低い条件下にあり、有機物レベルは 1.05%、リン含有量は低度、カリは中程度である。土壌は表面部(0~0.25cm)で pH5.8 の弱酸性で、26cm 以上の深さでは pH5.7 となる。

4.4.2 幹分析の結果

幹分析では、樹齢 24 年のグレビレアについて、年輪成長量の算定を行った。この樹齢では、DBH は 33.4cm、樹高(h)は 19.02m であった。基礎断面積(g)及び材積(v)はそれぞれ 0.09m²、0.69m³ であった。樹径カーブのグラフの分析で、断面積における時系列で一定の成長量が観察された(図 4.4.1)。

年間平均成長量(IMA)曲線は、年間成長量(ICA)と同様に、IMA が ICA のカーブを交差する 13 年生までに、通常から最大限の増加まで到達している。カーブの交差は、通常、森林管理において間伐作業時期に影響するものであり、この時点で間伐することにより樹木間の競争を緩和できる。

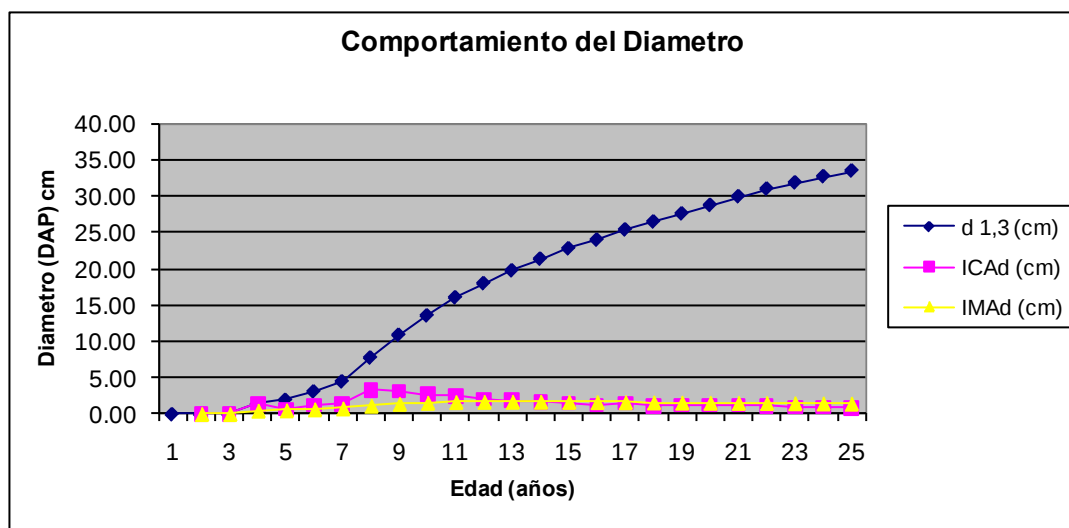


図 4.4.1 樹径の変化

注) ICA 及び IMA の増加量は 9 年生及び 13 年生から各々減少しはじめる。このことは、個体同士が競合状態にあり、成長の継続を妨げていることを意味する。

24 年生の樹木 1 本当たりの平均成長量は、 $0.012\text{m}^3/\text{本}/\text{年}$ であった。図 4.4.1 に示すように、9～10 年後から、個体間の競争が強まり、24 年生まで樹径成長量及び材積にかなり影響を与えている。24 年間の年平均成長量は、約 $11\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ であった（表 4.4.1）。

表 4.4.1 IMA、ICA、基礎断面積(g)、材積(Vol)の成長。

樹齢	g (1.3m) (m^2/arbol)	ICAg (m^2/arbol)	IMAg (m^2/arbol)	Vol (m^3/arbol)	ICAv (m^3/arbol)	IMAv (m^3/arbol)	樹量 (m^3/ha)	間伐材積 (m^3/ha)	主伐材積 (m^3/ha)
0	0	0		0	0	0			
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0926		
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0007	0.0004	0.8198		
3	0.0001	0.0001	0.0000	0.0022	0.0013	0.0007	2.1518		
4	0.0003	0.0002	0.0001	0.0049	0.0028	0.0012	4.9434		
5	0.0008	0.0005	0.0002	0.0088	0.0039	0.0018	8.8395		
6	0.0016	0.0008	0.0003	0.0139	0.0050	0.0023	13.8739		
7	0.0048	0.0032	0.0007	0.0243	0.0104	0.0035	24.3112		
8	0.0093	0.0046	0.0012	0.0366	0.0123	0.0046	36.6168		
9	0.0144	0.0051	0.0016	0.0517	0.0151	0.0057	51.7343	30%	
10	0.0202	0.0058	0.0020	0.0717	0.0199	0.0072	71.6590	21.50	
11	0.0254	0.0052	0.0023	0.0898	0.0181	0.0082	62.8569		
12	0.0306	0.0052	0.0026	0.1166	0.0268	0.0097	81.6355		
13	0.0358	0.0052	0.0028	0.1451	0.0285	0.0112	101.5933		
14	0.0407	0.0049	0.0029	0.1758	0.0307	0.0126	123.0892	40%	
15	0.0451	0.0044	0.0030	0.2154	0.0396	0.0144	150.7970	60.3	
16	0.0505	0.0054	0.0032	0.2640	0.0485	0.0165	110.8619		
17	0.0549	0.0044	0.0032	0.2937	0.0298	0.0173	123.3574		
18	0.0596	0.0047	0.0033	0.3344	0.0407	0.0186	140.4316		
19	0.0647	0.0051	0.0034	0.3885	0.0542	0.0204	163.1816		
20	0.0702	0.0055	0.0035	0.4468	0.0583	0.0223	187.6546		187.6546
21	0.0752	0.0050	0.0036	0.5053	0.0585	0.0241		全樹量	269.5
22	0.0794	0.0042	0.0036	0.5613	0.0560	0.0255			
23	0.0837	0.0043	0.0036	0.6232	0.0619	0.0271			
24	0.0878	0.0040	0.0037	0.6829	0.0597	0.0285			
平均						0.0118			

注) a) 計画ローテーション期間に基づく計算。

b) 間伐後の成長量計算は、標本の分析で得られた IMA を適用。

c) 成長量評価では、場所、管理不足等の制約条件の考慮が必要。

d) この条件での植栽では、最小で $11.8\sim 13.5\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ の成長量を見込むことが可能。

これらの結果は、Webb et al. (1980)を引用した Lamprecht (1990)の「IMA が 5～10 m³/ha/年の樹種の成長量は非常に変動しやすい」と比較することができる。Cozzo (1976)によって述べられた Cipolatti 及び Cozzi による結論では、アルゼンチンのサンタ・フェでの 28 年生の 1,525 本の植林地では、深い砂質シルト土壌で、材積増加量は 14.5 m³/ha/年とされている。このとき樹径の平均値は 20.7cm であった。

4.4.3 植林評価による管理図の提案

表 4.4.2 に、当初の植栽密度 3m×3m、1,111 本/ha 及び活着率 90%で調整した評価結果に基づく管理表を示す。この管理表では、当初の枝打ち、10 年及び 15 年の 2 回の間伐、最低限 20 年のローテーションといった必要な林業管理が適用されることとしているが、他の決定要素が入ると修正する必要がある。

表 4.4.2 樹木密度 1,111 本の成長シナリオにおける植林特性

植林時の樹木密度			活着率	
列間隔	幅間隔	本/ha	%	本/ha
3 m	3 m	1,111	90	1,000

林業管理では、財務的に最大の収益を上げることと植林の持続性を両立ことが、大きな決定要因となる(Quirós & Gómez, 1998)。また、生態学的な側面（最大成長量）と市場条件に考慮する必要がある。

1ha 当り 1,111 本の植栽密度から開始し、枝打ちは 2～3 年目から毎年実施し、樹高 8m まで幹に枝のない成木樹齢に達するよう管理する必要がある。

表 4.4.3 評価した植林による管理図

樹齡 年	1本当たり材積 m ³ /本	1ha 当り材積 m ³ /ha	間伐材積 m ³ /ha	主伐材積 m ³ /ha	総材積 m ³ /ha	備考
1	0.000	0.1				
2	0.001	0.8				
3	0.002	2.2				
4	0.005	4.9				
5	0.009	8.8				
6	0.014	13.9				
7	0.024	24.3				
8	0.037	36.6				
9	0.052	51.7				
10	0.072	71.7	21.5			30% 間伐
11	0.090	62.9				
12	0.117	81.6				
13	0.145	101.6				
14	0.176	123.1				
15	0.215	150.8	60.3			40% 間伐
16	0.264	110.9				
17	0.294	123.4				
18	0.334	140.4				
19	0.389	163.2				
20	0.447	187.7		187.7		主伐: 20 年
					269.5	

注) 成長データは現実のもので、このため最低限の成長量期待値といえる。間伐作業により表の数値より大きな成長量を期待することができる。

間伐では、最初は樹高の高いもの、すなわち成長の良い利用可能な木を伐採することが提案される。このことにより、木材価値の高い優勢木を利用し、真の競争力のあるものを切り出すことになる。次の間伐では、自由間伐が望ましい。これは植林地開発に基づく技術基準によるものである。この段階では、伐採される木は工業向けで、劣勢木を伐採・利用しながら植林地内の競争を緩和させ、残りの木が主伐に達するよう開放するものである。

地域内の在来種に比べ、グレビレアは相対的に成長が早く、木材の質もよい。パラグアイのような亜熱帯地域の植林にとって有利なもののひとつである。

グレビレアが低肥沃度で中程度の水分欠乏にある土壌に対し耐性があることを考慮すると、アグロフォレストリー用として適当な樹種の一つである(Silva 及び Mazuchowski, Ferreira et al.により引用、2004)。この樹種はパラグアイ東部地域の洪水氾濫原以外の全ての土壌において試験されるべきである(Brune, 1993)。

多数の小農が存在することから、アグロフォレストリーの促進はパラグアイにおいて非常に適切である。プロジェクトの成果によれば、このシステムは持続的で、小農の福祉向上に貢献する。さらに、バイオマス、潜在的な家畜、農業副産物の生産を最大化することにより、農家の食料確保、CO₂ 吸収への農民の参加、植物バイオマス及び土壌への CO₂ 隔離にも貢献する。このことは、国際機関や援助組織の活動目的にも合致する。

公表文献により本調査結果を補足すると、グレビレアはユーカリのような他の外来種に比べ成長が遅いため、一般的にパラグアイでは防風林(2列、3m 間隔で植栽)として利用されている(Enciso, 2001)。

4.4.4 土地特性に応じたグレビレアの管理のための提案

与えられた遺伝資源による植林地の生産増加量は、樹齢、現場での生産能力、自然の生産能力の全体的な利用（植栽密度）、管理（間伐、施肥、除草、枝打ち）によって決定される。

幹分析結果及び現地状況から、2タイプの成長シナリオが考えられる。

Gulke (2003)によると、500本と1,333本の成長シナリオでは、90%の活着率が期待される。この著者は、調査地域と類似した特性の場所で開発した植林地では98%の活着率があったことを示している。

表 4.4.4 樹木密度 500 本の成長シナリオにおける植林特性

植林時の樹木密度			活着率	
列間隔	幅間隔	本/ha	%	本/ha
5 m	4 m	500	90	450

表 4.4.5 で計画しているシナリオは、20 年で、3 タイプの個体（30%は DBH35cm、他の 30%は DBH30cm、残り 40%は DBH25cm）を想定している。樹高は 3 ケースとも 15m である。このシナリオでは、間伐がない場合に、主伐時に約 207.02 m³/ha の材積を予想している。この表では、構成比率、材積算定のための計測値、材積期待値を示している。

表 4.4.5 樹木密度 500 本の成長シナリオ（3 ケースの樹径増加を含む）

樹齢	胸高直径	%	本/ha	樹高	形状係数	基礎断面積	材積	材積 /ha	IMA	間伐材積	主伐材積
年	cm			m		m ² /ha	m ³ /本	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
20	35	30	135	15	0.44	0.096	0.63	85.72	4.29		
20	30	30	135	15	0.44	0.071	0.47	62.98	3.15		
20	25	40	180	15	0.44	0.049	0.32	58.32	2.92		
計			450						10.35	0	207.02

500 本/ha の植栽密度（90%活着率）を考えると、植林地管理では良好な枝打ちが最も重要である。これは記述の、枝打ちは 2～3 年目から毎年実施し、樹高 8m まで幹に枝のない成木樹齢に達するよう管理するという内容を反映している。この密度では、間伐は不要である。表 4.4.6 に成長量の増加を示す。

500 本/ha の成長シナリオに基づく管理計画では、年平均成長量（IMA）、年成長量（ICA）を考慮する。樹高については、調査と同様のデータを採用している。樹高は、植栽密度に変更がないとき、変数の一つであることを考慮する。表 4.4.6 の結果（201.8 m³/ha）は、表 4.4.5 と比べ +/-5 m³/ha の誤差がある。この誤差は、実験室での算定結果であり、調査に基づく植栽において使用する計測データのベースとなる。

表 4.4.6 樹木密度 500 本の成長シナリオによる管理計画（3 ケースの樹径成長を含む）

樹齢 年	ケース 1 (35cm DBH)		ケース 2 (30cm DBH)		ケース 3 (25cm DBH)		全樹量 m ³ /ha	備考
	材積/本 m ³ /本	材積/ha m ³ /ha	材積/本 m ³ /本	材積/ha m ³ /ha	材積/本 m ³ /本	材積/ha m ³ /ha		
1	0.000	0.0	0	0	0	0	0	
2	0.000	0.0	0	0	0	0	0	
3	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0	
4	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.1	
5	0.001	0.1	0.001	0.1	0.001	0.1	0.3	
6	0.002	0.3	0.002	0.3	0.002	0.2	0.8	
7	0.011	1.5	0.008	1.0	0.005	0.7	3.2	
8	0.029	3.9	0.017	2.3	0.008	1.1	7.2	
9	0.072	9.8	0.038	5.1	0.015	2.0	16.9	
10	0.144	19.5	0.072	9.7	0.025	3.4	32.6	
11	0.218	29.4	0.112	15.1	0.041	5.5	50	
12	0.266	35.9	0.142	19.1	0.056	7.6	62.6	
13	0.331	44.7	0.184	24.9	0.080	10.8	80.5	
14	0.418	56.5	0.245	33.1	0.118	15.9	105.4	
15	0.461	62.3	0.285	38.5	0.152	20.5	121.3	
16	0.499	67.3	0.320	43.2	0.181	24.4	134.9	
17	0.543	73.3	0.364	49.1	0.221	29.8	152.3	
18	0.569	76.8	0.396	53.4	0.254	34.3	164.5	
19	0.623	84.1	0.446	60.2	0.299	40.3	184.6	
20	0.666	89.9	0.489	66.0	0.339	45.8	201.8	主伐 20 年生

1,333 本/ha の成長シナリオでは、以前のシナリオと同様、90%の活着率を考慮する。表 4.4.7 に示すシナリオでは、20 年、3 タイプの個体成長を考慮する。

これまでのケースのように、30%は DBH30cm、他の 30%は DBH25cm、残り 40%は DBH20cm とする。平均樹高は 3 タイプとも 15m を見込む。

表 4.4.7 植栽密度 1,333 本/ha の成長シナリオの植林計画特性

植林時の樹木密度			活着率	
列間隔	幅間隔	本/ha	%	本/ha
2.5 m	3 m	1,333	90	1,200

このシナリオでは、最終的な主伐量は 384.11m³/ha となる。1,111 本/ha 時の主伐量 (269.5m³/ha) と比べ約 100 m³/ha の増となっているが、これは個体数の増加に起因する。

表 4.4.8 植栽密度 1,333 本/ha の成長シナリオ（3 ケースの樹径成長を含む）

樹齢 年	胸高 直径 cm	%	本/ha	樹高 m	形状 係数	基礎断 面積 m ² /ha	材積 m ³ /ha	材積 /ha m ³ /ha	IMA m ³ /ha	間伐 材積 m ³ /ha	主伐 材積 m ³ /ha
20	30	30	360	15	0.44	0.071	0.47	167.95	8.40		
20	25	30	360	15	0.44	0.049	0.32	116.63	5.83		
20	20	40	480	15	0.44	0.031	0.21	99.53	4.98		
									19.21	0	384.11

上記の表では、3 タイプについて、構成率、材積計測データ、材積期待値を考慮している。

1,111 本/ha の植栽計画との類似性から、間伐作業などの成長のための管理方法は同様に考えるべきである。

1,333 本/ha の成長シナリオに係る管理計画について、IMA 及び ICA は同様のものとして考える。樹高については、調査における植林データと同じものを採用し、500 本/ha と同様とする。

表 4.4.9 1,333 本/ha の成長シナリオに基づく管理計画 (3 ケースの樹径成長を含む)

樹齢 年	ケース 1		ケース 2		ケース 3		全樹量 m ³ /ha	間伐 材積 m ³ /ha	主伐 材積 m ³ /ha	総期 待材 積 m ³ /ha	備考
	材積/ 本 m ³ /本	材積/ /ha m ³ /ha	材積/ 本 m ³ /本	材積/ /ha m ³ /ha	材積/ 本 m ³ /本	材積/ha m ³ /ha					
1	0.000	0.0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00				
2	0.000	0.0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00				
3	0.000	0.0	0.000	0.04	0.000	0.05	0.14				
4	0.000	0.1	0.000	0.10	0.000	0.13	0.33				
5	0.001	0.3	0.001	0.30	0.001	0.40	1.00				
6	0.002	0.7	0.002	0.65	0.002	1.00	2.39				
7	0.008	2.7	0.005	1.89	0.005	2.39	7.02				
8	0.017	6.0	0.012	4.23	0.011	5.24	15.49				
9	0.038	13.7	0.031	11.21	0.029	13.83	38.74				
10	0.072	26.0	0.071	25.56	0.061	29.11	80.66	24.2			間伐
11	0.112	33.5	0.105	31.48	0.076	28.83	93.82				
12	0.142	42.5	0.134	40.09	0.090	35.96	118.50				
13	0.184	55.3	0.170	50.94	0.116	46.41	152.69				
14	0.245	73.5	0.218	65.47	0.141	56.36	195.29				
15	0.285	85.6	0.248	74.33	0.172	68.63	228.60	91.4			間伐
16	0.320	81.6	0.265	66.31	0.167	43.36	191.27				
17	0.364	92.8	0.221	55.19	0.184	47.89	195.92				
18	0.396	100.9	0.254	63.46	0.197	51.14	215.53				
19	0.446	113.7	0.299	74.69	0.224	58.19	246.63				
20	0.489	124.7	0.326	81.6	0.239	62.3	268.5		268.5	384.2	CFinal

プロジェクト地域（アカアイ市及びサンロケ市）におけるグレビレア植栽者は、小農又は中規模農家で、生産性の低い劣化土壌地域においてこの種を植栽することは効果的かつ適切である。

上記のシナリオは幹分析及び地域条件とこの樹種の要件に係る比較に基づくものである。幹分析により提案されたこのシナリオの基礎データは、植栽初期の除草や間伐などの森林管理が全く行われていない区画から得られたものである。

シナリオを現実的なものとするためには、小規模な試験区画を設置し、グレビレア種を異なる植栽密度、組み合わせで植栽し、その成長状況を観察することが提案される。

4.4.5 結論及び勧告

幹分析はグレビレアの成長シナリオを構築するために有用である。しかしグレビレアの横断面年輪は、視覚で判断するのが難しい性質があり、ストレスにより虚偽の年輪を発生させ、材積算定のための計測を複雑にさせるなどの制約があった。

標本木の平均値は樹高 19.02m、基礎断面積 0.09 m²、材積 0.69 m³であった。標本採取した植林区画は森林管理が行われず、成木樹齢は 24 年、植栽密度に変化はなく、樹径(DBH33.43cm)

の成長にかなりの影響を与えていた。この状況で、IMA の平均値は約 $11 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$ となっている。

土地状況、種の特長、適切な森林管理の適用を勘案すると、ローテーション期間は 20 年に短縮可能である。このため、植林地を適切に管理した場合の成長量に係る情報が必要である。

この場合、現場でのより多くの測定を意味し、多くの時間と経費がかかるため、これらのデータの正確性を得る便益について、検討する必要がある。

Brune (1993)は、グレビレアはパラグアイではオリジナル種の導入が少なく、遺伝資源の多様性に欠けるため、自家受粉の問題を発生させる可能性があるとして述べている。多様な産地から種を輸入し、最適の産地を見出すための区画を設置し、多様性のある遺伝資源を有する種子生産のためこれらの種を購入することを提案する。

最後に、植林目的のために、防風林、アグロフォレストリー、林間放牧、単層林、各種の密度による混植などの多様なモデルで植栽試験を行うことを提案する。

5 ベースライン樹木調査

5.1 概要

本調査は、JIRCAS プロジェクトの実施地域であるパラグアリ県サンロケ・ゴンザレス市及びアカアイ市を対象とする。

本調査の目的は、植林予定区画における既存樹木量の算出及び自然更新に係る主要な数値の計測を行うことである。本調査では、樹種データ及び樹種ごとの材積計測データの収集のほか、調査区画ごとの写真撮影を行った。樹量全体の算定では、個別の植林区画の材積調査結果にバイオマス拡大係数 2 を乗じて算定した。ヤシ(*mbocaya*, *Acrocomia totai*)の樹量計算では、木質の枝がないことを考慮し、拡大係数を使用せず、材積をそのまま適用した。

ベースラインは、CDM プロジェクトが実施されない場合における排出量を意味するが、植林 CDM の場合は、CDM プロジェクトが実施されない場合の植林予定地内における木質多年生植物に蓄積された炭素量及びここで将来見込まれる炭素増加量を意味する。

土地に生育する樹量の把握は、植生の拡大、材積算定上の特徴を把握するための標本調査の一般論に基づいて実施される。土地に生育する樹木の特性のうち、樹高、樹種構成、本数、材積、階層が材積算定構造に大きく関連する(CATIE 2002)。本調査では、草地と耕地に区分して、植林予定区画ごとの単位面積当たり樹量を算定した。

5.2 方法

調査方法は、各区画における樹木の植生と自然に再生している幼樹のデータ収集からなる。材積算定のための主要な計測値は、樹木本数、樹種、樹径、樹高である。これらのデータから、基礎断面積、幹材積、全体樹量を各々算定した。

(1) 調査地域の概況

パラグアリ県は、一般に中間的な厚さの砂質土壌で形成され、低い丘陵の起伏のある地形となっている。酸性土壌で自然の肥沃度は低く、現状では土地生産性は低い。自然植生は、一般的に、湿性の森林、準常緑樹、多種類の在来樹種で特徴づけられる。

この地域では、樹木の高さは 7m から 25m まで変化している。樹種としては、*Peltophorum dubium*, *Copaifera langsdorfii*, *Helietta apiculata* 及び *Pterogine nitens* 等が見られる。

(2) サンプルング設計

植林予定区画は任意の標本抽出により選定した。JIRCAS プロジェクトの植林予定区画は 270 箇所想定されていたので、10%以上を目安として、抽出数は 28 箇所 (10.4%) とした。この結果、草地は 16 箇所、耕地は 12 箇所となった。抽出区画の規模は、耕地は 0.52ha から 6.90ha、草地は 0.51ha から 19.33ha となった。

(3) データ収集及び取りまとめ

材積計測に係るデータは、樹種、樹木本数、DBH 高直径、基礎断面積、全樹量である。

区画ごとの植生の全体的な特性を記録するため、写真撮影を行った。

1) 樹木の構成及び数

区画内の樹木の構成につき定量化した。このとき、樹種及びヤシ、さらにプロジェクト側で関心のある樹種（希少樹種、植生）を考慮した。樹種には果樹（グアバやマンゴー）も含まれる。このほか、樹木によって土地が覆われている程度を決定するための単位面積当たりの樹木数を算定した。樹木構成を定量化するため、DBH10cm以上の樹木すべてについて樹高とDBH（高さ1.3m）を計測した。植林しない場合の自然再生している幼樹（DBH10cm未満）については、樹種を調べ、樹種ごとの本数を測定した。



写真 5.1 DBH の計測



写真 5.2 Pistola Haga による樹高計測

3) 樹高

DBH10cm以上の樹木については、樹高を測定した。測定には **pistola Haga** を使用した。樹高は、全高さのほか、幹頂部までの高さ（この高さは後で材積を算定する際に使用）を計測した。ヤシの場合は、枝がないため、全高さと幹頂部までの高さは同一と見なした。

4) 基礎断面積

樹径はDBHにより、10cm以上の樹木、ヤシの全てについて計測した。基礎断面積は、以下の式で算定し、1ha当りの面積（m²）で表示する。

$$G = \pi \cdot DBH^2 / 4$$

ここで、

G: 基礎断面積(m²)

DBH: 胸高直径（高さ1.3mの樹木直径）

5) 幹材積

幹材積は、基礎断面積に個体の樹高を乗じて算定する。樹種一般については形状係数として0.775 (Hutchinson, 1972) を適用する。ヤシ *Acrocomia totai (mbocaya)* については、幹の形状が円柱状であることから、形状係数を0.800とする。幹材積は以下の算定式によ

る。

$$Vf = G * hf * f$$

ここで、

Vf: 幹材積(m³)

G: 基礎断面積(m²)

h: 幹の高さ

f: 形状係数(樹木 0.775、ヤシ 0.800)

6) 全樹量

全体の樹量を決定するためには、幹以外の枝のバイオマスを推定する必要がある。このため、バイオマス拡大係数(BEF)を考慮する。BEF は、幹のバイオマスを含む地上部バイオマス全体と関係している (FAO, 2004)。Husch(2001)によると、BEF 値は 1.3 から 2.5 の間で変化し、樹種、樹齢、樹径によって異なる。Solíz (Quinteros による引用, 2000)は、Chiquitano 森林における 12 種の調査を実施し、BEF が 2.5 程度であることを見出した。調査地域において、特定の BEF がないことから、保守的な BEF 値として 2.0 を採用する。これは、幹材積が樹量全体の 50%で、一次、二次の枝から構成される林冠部は残り 50%であることを意味する。全体の樹量は以下により算定される。

$$Vt = Vf * BEF$$

ここで、

Vt: 全樹量(m³)

Vf: 幹材積(m³)

BEF: バイオマス拡大係数(=2.0)

ヤシ *Acrocomia totai* (mbocaya)については、頂部以外は枝を発生させておらず、BEF を考慮しないこととし、幹材積がそのまま全樹量となる。

(4) 調査結果の内容

耕地及び草地における調査結果は以下のとおりで、調査区画及び単位面積当りに取りまとめる。

- ・ 耕地の区画における樹種及び樹木数、基礎断面積、全樹量
- ・ 草地の区画における樹種及び樹木数、基礎断面積、全樹量
- ・ 耕地における樹種ごとの蓄積量
- ・ 草地における樹種ごとの蓄積量
- ・ DBH10cm 未満の樹種
- ・ 草地における植生の特性

5.3 調査結果

材積算定結果は、耕地と草地に区分する。最初に DBH10cm 以上の樹木について計算結果を示し、次に自然植生の再生（幼樹）について示す。

5.3.1 耕地

耕地に該当する 12 区画内の材積を算定すると、表 5.3.1 のとおりである。この表では、樹種ごとの樹木数、基礎断面積、区画ごとの材積及び単位面積当たりの材積を示す。

表 5.3.1 耕地区画における樹木の材積算定結果

N°	農家名	区画 面積 (ha)	区画内 樹種数 (N°)	樹木本数		基礎断面積		材積	
				区画内 (N°)	1ha 当 り(N°)	区画内 (m ²)	1ha 当 り(m ²)	区画内 (m ³)	1ha 当 り(m ³)
1	Basilio Trinidad Fleitas	0.66	4	59	90	2.15	3.25	8.84	13.40
2	Benigno Miguel Serna	0.55	1	24	44	1.24	2.25	7.47	13.58
3	Calixto González	0.75	3	81	108	2.62	3.49	14.51	19.35
4	Eugenio González	0.66	5	17	27	1.57	2.38	6.96	10.55
5	Eusebio Leguizamón	1.22	2	14	12	0.51	0.42	2.09	1.71
6	Felipe Díaz	1.80	3	42	24	2.03	1.13	9.94	5.52
7	Francisco Mereles	0.64	4	72	114	2.88	4.50	15.25	23.82
8	Gumerindo Ramírez	0.53	1	17	34	0.84	1.69	4.86	9.72
9	Lorgino Álvarez	0.81	3	4	4	0.13	0.16	0.64	0.79
10	Nolberto Chávez	0.55	2	26	47	1.12	2.04	5.65	10.28
11	Odilon Dávalos	0.52	2	83	160	2.90	5.57	12.98	24.96
12	Raquel Soler	0.87	4	59	67	2.50	2.87	13.12	15.08
合計				498	731	20.49	29.75	102.3	平均: 12.4

12 区画の耕地の調査結果では、樹種の少ないことがわかる。区画ごとの樹種の数、1 種から 5 種の間であり、ヤシは 11 区画(92%)で見られる。

表 5.3.2～5.3.4 に、表 5.3.1 をもとに算定した 1ha 当りの樹木数、基礎断面積、材積の比率を示す。

表 5.3.2 1ha 当り樹木数

区分	<25 本/ha	25-50 本/ha	50-75 本/ha	75-100 本/ha	>100 本/ha	計
区画数	3	4	1	1	3	12 区画
%	25%	33.3%	8.3%	8.3%	25%	100 %

表 5.3.2 では、樹木数について、3 区画（25%）で 25 本/ha 未満、4 区画(33.3%)で 25～50 本/ha となっている。このことは耕地の特性から、最小の樹木数が残されていると見なされる。

表 5.3.3 1ha 当り基礎断面積

区分	<1.5 m ² /ha	1.5-3 m ² /ha	3-4.5 m ² /ha	>4.5 m ² /ha	計
区画数	3	5	3	1	12 区画
%	25	42	25	8	100 %

1ha 当り基礎断面積について、3 区画 (25%) は 1.5m²/ha 未満、5 区画 (42%) は 1.5～3.0m²/ha 未満となっている。

表 5.3.4 1ha 当り材積

区分	<5m ³ /ha	5-10 m ³ /ha	10-15 m ³ /ha	15-20 m ³ /ha	>20 m ³ /ha	計
区画数	2	2	4	2	2	12 区画
%	16.7	16.7	33.2	16.7	16.7	100 %

材積については、15m³/ha 未満の区画数は 8 区画 (66.7%) となっている。

5.3.2 草地

草地の 16 区画内の材積について算定すると、表 5.3.5 のとおりである。このうち 5 区画(31%)については、DBH10cm 以上の木本は存在しなかった。

表 5.3.5 草地区画における樹木材積算定結果

N°	農家名	区画面積(ha)	区画内樹種数(N°)	樹木数		基礎断面積		材積	
				区画当り(N°)	1ha 当り(N°)	区画当り(m ²)	1ha 当り(m ²)	区画当り(m ³)	1ha 当り(m ³)
1	Atanacio Maciel	0.51	12	44	88	1.55	3.05	6.85	13.43
2	Diosnel Ayala	0.63	2	40	64	1.48	2.34	5.54	8.79
3	Edelia Ortellado de Ayala	0.61	4	101	166	2.70	4.43	10.84	17.77
4	Francisco Sánchez	1.31	5	133	102	4.32	3.30	20.16	15.39
5	Gerardo Vaezquen	1.96	-	-	-	-	-	-	-
6	Guillermo Valdez	0.93	3	58	62	2.28	2.45	14.43	15.52
7	Isidro Chamorro	0.95	7	71	74	3.03	3.19	15.79	16.62
8	Jorge Vidal	19.33	-	-	-	-	-	-	-
9	José Maria Santos	2.40	-	-	-	-	-	-	-
10	José Riveros	0.81	6	52	64	1.42	1.75	7.92	9.78
11	Leonor Morales	0.77	-	-	-	-	-	-	-
12	Rubén Sosa López	0.95	1	7	7	0.31	0.33	1.12	1.18
13	Santiago Fretes	0.65	1	11	17	0.45	0.70	1.86	2.86
14	Sicinia Benítez	0.53	3	17	33	2.99	5.64	4.67	8.81
15	Sixto González	0.90	5	14	15	0.42	0.47	2.14	2.40
16	Victorio Montiel	0.63	-	-	-	-	-	-	-
合計				548	692	20.95	27.65	91.3	平均 7.0

16 区画の草地では、樹種が少なく、1～7 種が存在するだけである。1 区画だけ例外的に 12 種が存在した。ヤシは、DBH10cm 以上の樹木の存在する 11 区画全体で見られた。

表 5.3.6 1ha 当り樹木数

区分	<25 本/ha	25-50 本/ha	50-75 本/ha	75-100 本/ha	>100 本/ha	計
区画数	9	2	3	0	2	16 本
%	55	13	19	0	13	100 %

表 5.3.6～8 に、表 5.3.5 をもとに算定した草地内の 1ha 当りの樹木数、基礎断面積、材積の比率を示す。

表 5.3.6 では、9 区画(55%)の樹木数が 25 本/ha 未満であるが、2 区画(13%)は 100 本/ha を上回っている。

表 5.3.7 1ha 当り基礎断面積

区分	<1.5 m ² /ha	1.5-3 m ² /ha	3-4.5 m ² /ha	>4.5 m ² /ha	計
区画数	8	3	4	1	16 区画
%	50	19	25	6	100 %

表 5.3.7 では、1ha 当り基礎断面積について、8 区画（50%）が 1.5m²/ha 未満となっているが、うち 5 区画には DBH10cm 以上の樹木は存在しない。

材積については、10m³/ha 未満の区画数は 11 区画（69%）となっている。

表 5.3.8 1ha 当り材積

区分	<5m ³ /ha	5-10 m ³ /ha	10-15 m ³ /ha	15-20 m ³ /ha	計
区画数	8	3	1	4	16 区画
%	50	19	6	25	100 %

5.3.3 耕地内の樹種の賦存量

耕地の区画内では、DBH10cm 以上の樹木で 13 種が観察された。この中で、ヤシ *mbocaya* (*Acrocomia totai* Mart.)が 452 本と最も多い。その他の樹種として、*urunde'y molle* (*Astronium* sp.)が 12 本と比較的多いが、それ以外は少ない。耕地内の樹木数は 498 本である。

表 5.3.9 耕地内の全樹種

Nº	樹種名	地域名	区画内の樹木数
	<i>Acrocomia totai</i> Mart.	Mbocaya	452
他種			
1	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Amba'y	2
2	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Kamba aka	2
3	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'y ra	1
4	<i>Sapium haematospermum</i> Muell. Arg.	Kurupika'y	1
5	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	Lapacho negro	3
6	<i>Mangífera indica</i> L.	Mango	3
7	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Peterevy	1
8	<i>Astronium</i> sp.	Urunde'y molle	12
9	<i>Machaerium minutiflorum</i> Tul.	Ysapy'y moroti	3
10	<i>Albizia hassleri</i> (Chodat) Benth.	Yvyra ju	7
11	<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert	Yvyra pyta	6
12	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Yvyra ro	5
	ヤシ以外の計		46
	ヤシを含む合計		498

ヤシの本数が多いため、表 5.3.10 では、ヤシとそれ以外の樹種に分けて全体の材積を算定している。平均値では、ヤシは 55 本/ha 存在するのに比較して、ヤシ以外の樹種は 6 本/ha に

すぎない。

表 5.3.10 耕地内の樹木本数及び材積

樹種	樹木数		基礎断面積(m ²)		材積(m ³)	
	区画内	1ha 当り 平均本数	区画内	1ha 当り 平均	区画内	1ha 当り 平均
Mbocaya	452	55	18.32	2.2	91.61	11.2
その他の樹種	46	6	2.17	0.2	10.7	1.2
計	498	61	20.49	2.5	102.3	12.4

5.3.4 草地における樹種の賦存量

草地区画内では、DBH10cm 以上の樹木で 21 種が観察された。この中で、ヤシ *mbocaya* (*Acrocomia totai* Mart.)が 392 本と最も多い。その他の樹種として、*yvyra pyta* (*Peltophorum dubium*)が 60 本と多く、*Kurupika'y* (*Sapium haematospermum*)、*Yvyra ro* (*Pterogyne nitens*) 及び *Yvyra ju* (*Albizia hassleri*)が、15 本、14 本、12 本と続いている。草地内の樹木数は 548 本である。

表 5.3.11 草地内の全樹種

Nº	樹種名	地域名	区画内の樹木数
Acrocomia totai Mart.		Mbocaya	392
他種			
1	<i>Rapanea lorentziana</i> Mez	Canelón	2
2	<i>Inga marginata</i> Willd.	Inga'i	1
3	<i>Celtis pubescens</i> (H.B.K.) Sprengel	Juasy'y	1
4	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Kurupa'y kuru	1
5	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'y ra	6
6	<i>Sapium haematospermum</i> Muell. Arg.	Kurupika'y	15
7	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	Lapacho negro	3
8	<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrader)	Laurel hu	1
9	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Peterevy	4
10	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A. DC.	Sapirangy	4
11	<i>Pithecellobium scalare</i> Griseb.	Tatare	3
12	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Timbo	5
13	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohl.) Yakovlev	Urunde'y blanco	9
14	<i>Machaerium minutiflorum</i> Tul.	Ysapy'y moroti	1
15	<i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart	Yvyra ita	1
16	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	Yvyra ovi	6
17	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Yvyra piu	7
18	<i>Albizia hassleri</i> (Chodat) Benth.	Yvyra ju	12
19	<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert	Yvyra pyta	60
20	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Yvyra ro	14
ヤシ以外の計			156
ヤシを含む合計			548

表 5.3.12 では、草地の材積を示すが、ヤシが平均 30 本/ha と多く、その他の樹種は平均 13 本/ha である。

表 5.3.12 草地内の樹木本数及び材積

樹種	樹木数		基礎断面積(m ²)		材積(m ³)	
	区画内	1ha 当り 平均本数	区画内	1ha 当り 平均	区画内	1ha 当り 平均
Mbocaya	392	30	15.75	1.3	63.14	4.7
その他の樹種	156	13	5.19	0.4	28.19	2.3
計	548	43	20.95	1.7	91.3	7.0

ヤシの基礎断面積は 1.3m²/ha、材積は 4.7m³/ha であるが、ヤシ以外の樹木は、それぞれ 0.4m²/ha、2.3 m³/ha である。

5.3.5 DBH10cm 未満の幼樹

幼樹の樹種ごとの樹木本数（区画面積及び 1ha 当り）は表 5.3.13 に示すとおりである。この表では DBH10cm 未満の樹木を全て計上している。

樹高 1m 未満の樹木又は幼樹の評価は、区画、調査目的の特性に従って、考慮されなければならない。調査対象の幼樹の本数は、変動が大きく、特に枯死率が高い（Saenz et al 1999, “Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados en América Central”での引用, 2002）。このため、幼樹の情報を解釈し、区画の開発や将来の生存数を予測することは難しい。一般には、「未確定」の自然再生と称されている。

表 5.3.13 では、未確定の再生樹の数を記載している。草地では再生樹の数が多い。耕地において自然再生樹の数が少ないのは、農業に使用されるという耕地の特性による。耕地では、境界部分でよく見られるヤシの再生樹（59 本/ha）と *yvyra pyta*（32 本/ha）は再生樹の大きな割合を占める。

表 5.3.13 DBH10cm 未満の樹種の数

N°	樹種名	地域名	耕地		草地	
			区画内 本数	1ha 当 り本数	区画内 本数	1ha 当 り本数
1	<i>Citrus aurantium</i> L.	Apepu hai	7	8	3	4
2	<i>Psidium</i> sp.	Arasa pyta	12	15	48	65
3	<i>Rapanea lorentziana</i> Mez	Canelon	-	-	12	9
4	<i>Hovenia dulcis</i> Thumb.	Hovenia	1	1	-	-
5	<i>Jacaranda</i> sp.	Jacaranda	1	2	-	-
6	<i>Celtis pubescens</i> (H.B.K.) Sprengel	Juasy'y	4	1	35	68
7	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Ka'a oveti	1	2	-	-
8	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Kamba aka	-	-	3	4
9	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Kurupa'y kuru	-	-	1	2
10	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'y ra	1	1	-	-
11	<i>Sapium haemospermum</i> Muell. Arg.	Kurupika'y	16	20	7	7
		Lapacho	-	-	29	25
12	<i>Tabebuia ocrhacea</i> (Cham.) Stand.	amarillo	-	-	-	-
13	<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	Lapacho negro	13	8	1	2
14	<i>Mangífera indica</i> L.	Mango	1	1	-	-
15	<i>Acrocomia totai</i> Mart.	Mbocaya	39	59	71	103
16	<i>Melia azedarach</i> L.	Paraíso	1	-	5	8
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex					
17	<i>Steud.</i>	Peterevy	2	2	10	19
18	<i>Tabernamontana catharinensis</i> A. DC.	Sapirangy	2	3	28	33
19	<i>Pithecellobium scalare</i> Griseb.	Tatare	-	-	24	35
20	<i>Fagara</i> sp.	Tembetary	-	-	6	10
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.)					
21	<i>Morong</i>	Timbo	-	-	1	2
		Urunde'y	-	-	4	4
22	<i>Acosmium subelegans</i> (Mohl.) Yakovlev	blanco	-	-	1	1
23	<i>Astronium</i> sp.	Urunde'y molle	-	-	43	70
24	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	Yvyra ovi	1	-	1	1
25	<i>Diatenopterix sorbifolia</i> Radlk.	Yvyra piu	-	-	6	7
26	<i>Albizia hassleri</i> (Chodat) Benth.	Yvyraju	11	15	63	73
27	<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert	Yvyrapyta	25	32	19	20
28	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Yvyra'ro	3	4		
1ha 当り平均本数				6		20

草地区画の中で見られる再生樹では、ヤシが最も多く（103 本/ha）、*yvyra pyta* と *yvyra ovi* が各々 73 本/ha、70 本/ha となっている。*arasa pyta*（グアバ）（65 本/ha）及び *juasy'y*（68 本/ha）がこれに続いている。

5.3.6 草地における植生の特性

草地のカテゴリーには、「きれいな草地」（純牧草地）と「汚れた草地」（灌木の広がる草地で、雑草地）を含む。

「きれいな草地」は酸性土壤地にあり、排水不良地又は湧水や水の流れみちに広がる。*Setaria* 種の草が豊富で、*karaguata'i* 種がこれに続く。汚れた草地では、排水は良いが、有機物の貧弱な土地に発達している。樹木の階層化は見られず、いくらかの孤立した灌木地がある。

土壌劣化した地域には、*chirca* (*Baccharis* sp.)、*yvyra ovi* (*Helietta apiculata*)、*tembetary* (*Fagara* sp.)、*mbocaya* (*Acrocromia totai*) などが見られる。調査地域の集落や、雑草地、低灌木地では、*aguara ruguai* (*Andropogon bicornis*)、*aratiku'i* (*Rollinia emarginata*)、*Brachiaria* sp.、

cebadilla (*Digitaria sanguinalis*), doctorcito (*Eupatorium inulaefolium*), espartillo (*Elionurus muticus*), jagua pety (*Vernonia* sp.), kapi una (*Bidens pilosa*), kapi'i ati (*Cenchrus echinatus*), kapi'i pyta (*Setaria* sp.), malva blanca (*Sida cordifolia*), mbu'y (*Solidago* sp.), pangola, *Digitaria decumbens*, ,typycha hu (*Sida spinosa*)、及び typycha moroti (*Sida* sp.)が見られる。

5.4 結論

調査対象とした植林予定区画内で特徴的なのは、土壌条件が貧弱なため、ヤシが多く、再生が盛んでありながら樹種が少なく、面積当りの樹木密度が相対的に低いことである。ヤシ以外では、*Peltohorum dubium*、*Psidium* sp.、*Sapium haematospermum*、*Tabebuia heptaphylla* 及び *Albizia hassleri* が多い。

耕地での全樹量 (Vt) は 12.4m³/ha で、草地は 7m³/ha である。サンプリングした区画内の調査では、環境庁 (SEAM) が定めた、lapacho negro (*Tabebuia heptaphylla*)及び petereby (*Cordia trichotoma*)という 2 種の絶滅危惧種が見られた。この結果から、現地状況に応じて個別あるいは総合的に以下の活動が行われるよう提案する。

(1) 植林予定区画内に存在する絶滅危惧種

植林予定区画内で見出された、SEAM によって絶滅危惧種とされている 2 種は、標本調査区画内の樹木総数の 0.5%と、非常に少ない。このことから、小規模の植林に関する活動では、この地域における危惧種の永続性に対し重大な危険性を意味しない。しかし、これらの樹種の自然再生を保護し、保全を確実にするため、現に存在しているこれらの樹種を伐採することはせず、植林する場合はこれらの樹種から一定間隔をあけることを提案する。

(2) 保護されている在来種の配布を通じた代償

植林区画内に存在するこれらの樹木の取り扱いに係る決定権は、土地所有者に排他的に帰属しているため、植林 CDM 事業参加者は、これらの絶滅危惧種を保護することを保証できないが、これらの樹種の植栽を促進することにより、保全活動を実現することはできる。

これらの樹種の本数を増やし、地域内に拡大するため、既存の樹木の保全とともに、これらの苗を生産し、農家、学校、公共機関、又は植栽を希望する者に配布することを提案する。

引用文献

J-Green, “DELIMITACIÓN DE FINCAS CON GPS, DELIMITACION DE PARCELAS DE REFORESTACION CON GPS, LEVANTAMIENTO DE DATOS TERRITORIALES Y SOCIALES EN LAS PARCELAS DE REFORESTACION CON GPS”, SV Servicios Profesionales, Marzo de 2007

J-Green, UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCION (UNA), FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS (FCA), CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL (CIF) DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E INDUSTRIAS FORESTALES, “Determinación de la Densidad Específica de la madera de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* y *Grevillea robusta* A. Cunn.”, Marzo de 2007

1. ANANIAS, R. 2006. Física de la madera (en línea). Chile: Universidad del Bío Bío, Departamento Ingeniería en Maderas. Consultado 22 sep 2006. Disponible en www.zeus.dci.ubiobio.cl.
2. ARANGO, b; HOYOS, J. 1999. Variación de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* en árboles de siete años de edad. Trabajo de grado. p 1-2.
3. BASO, c. 2002. cooperación Iberoamericana para normalizar la madera de eucalipto de plantaciones como material estructural. Innovación y competitividad en la comunidad Iberoamericana. Ponencia invitada al Forum Iberoeka. Montevideo, Uy. p. 1-5.
4. CORONEL, E. 1994. Variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de especies nativas y cultivadas en el chaco Argentino. Revista Quebracho , N° 2 pp. 14-20.
5. CHAVESTA, M; CONDORI, C. 2005. Madera Peruanas y exóticas. Características tecnológicas y usos de 10 especies forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Industrias Forestales. Perú p 62.
6. FAO. 1998. Redes de Cooperación Técnica. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Especies arbóreas y arbustivas para la zonas áridas y semiáridas de América Latina. Disponible en www.rlc.fao.org.
7. FBDS. Fundación Brasileña para el Desarrollo Sostenible. 2002. Emisiones y remociones de dióxido de carbono mediante cambios en las reservas de bosques plantados. Primer inventario brasileño de emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero. Informes de referencia. Ministerio de Ciencias y Tecnología. Br. p 1- 48.
8. KELLER, A; CRECHI, E; FASSOLA, H; FERNÁNDEZ, R; MOSCOVICH, F. 2006. Efectos de la intensidad del 1er raleo en *Grevillea robusta* crecimiento y la producción en el sur de Misiones, Argentina. (En acta 12as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales FCF, UNAM – Estación Experimental Argentina Montecarlo, INTA. p 1-12.
9. LÓPEZ, J.A; STAFFIERI, G.M. Sf. Variación de la densidad de la Madera de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii* a los 21 años de edad. Estación Experimental Argentino

- INTA Bella Vista. Corrientes. Ar. p 1-9.
10. MESKIMEN, G; FRANCIS, J. 1990. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Forest Service. P 211 – 217.
 11. PAN, E; MOGLIA, J; MORENO, G; JIMÉNEZ, A. M. 2004. Propiedades físicas en la madera de progenies de *Eucalyptus camaldulensis* en Santiago del Estero. (En acta: 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Estación Experimental Argentino Montecarlo, INTA. Narro. México. Madera y Bosques 3(1). pp 81-87.
 12. PÉREZ V; RHINER, G; CAÑETE, M; HAMPEL, H; MALETTI, C. 2006. Efectos de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Grevillea robusta* A. Cunn. (En acta: 12as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Estación Experimental Argentino Montecarlo, INTA.
 13. SÁNCHEZ, M. 2003. Variación tecnológica y aptitud de la madera de distintos orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis* utilizados comercialmente en Argentina. Proyecto de Investigación Aplicada (PIA) en Bosque de Cultivo. Concordia. Ar. P 1-27.
 14. SEPLIARSKY, F. 2002. Producción y mercadeo de madera de *Eucalyptus grandis*. XVII Jornadas Forestales de Entre Rios. Concordia. Ar. p 1-9.
 15. VALENCIA, S; VARGAS, J. 1997 Método empírico para estimar la Densidad Básica en muestras pequeñas de madera. Universidad Autónoma Agraria Antonio.
 16. ZÁRATE R; ORDÓÑEZ, V; MARTINEZ, J. 2001. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas de *Grevillea robusta* A. Cunn. del estado de Veracruz. Publicación científica. Revista Madera y Bosques 7(1) pp:57-69 57.

J-Green, UNA-FCA-CIF, “DETERMINACION DE ESCENARIOS DE CRECIMIENTO VOLUMÉTRICO DE *Grevillea robusta* A. Cunn.”, Marzo de 2007

1. BRUNE, A. 1993. Zonificación Potencial de la Reforestación de la Región Oriental. Serie Documento Técnico CIF – FIA – UNA. San Lorenzo, Paraguay.
2. COLCOMBET, L.; CRECHI, E.; FASSOLA, H.; LACORTE, S.; SAN JOSÉ, M. Diagrama de Manejo de *Grevillea robusta* en Misiones. Posibilidades de la Introducción del Ganado. Resultados (en línea). Consultado enero 2007. Disponible en www.inta.gov.ar/montecarlo/info/documentos/forestales/diagrama.htm
3. COZZO, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Argentina. Hemisferio Sur. 610 p.
4. DOETZER, M; FIGUEIREDO, A.; DISPERATI, A.; BAGGIO, D. 2003. Análise de Tronco Digital: Uma Nova Metodologia para a Medição de Anéis de Crescimento. Revista Floresta (Brasil). N° 33: 235 - 255
5. ENCISO, V. 2001. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina (GCP/RLA/133/EC). Árboles fuera del bosque en Paraguay. Santiago, Chile.
6. FERREIRA, C.A.; GONCALVES MARTINS, E.; da SILVA H. 2004. Ecuacoes para

- Cálculo do Volume e Peso de Compartimentos Aéreos de Arvores de *Grevillea robusta* (Cunn.) aos Oito Anos de idade (en linea). Consultado enero 2007. Disponible en www.cnpf.embrapa.br/publica/boletin/boletarquv/boletin_49/pag_31_45.pdf
7. FLORIANO, E. P. 2004. Efecto del desrame sobre el crecimiento y la forma de *Pinus elliottii* Engelm. Tesis de Maestria. PPGEF. UFSM. Santa Maria, RS, Brasil.
 8. LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. Por Antonio Carrillo. Eschborn:GTZ. 335 p.
 9. LORENSI DE CANTO, J.; SCHNEIDER, P. 2004. Crescimento da *Grevillea robusta* A. Cunn. na Depressao Central do Rio Grande do Sul, Brasil (en linea). Consultado enero 2007. Disponible en www.ufsm.br/ciencia_florestal/artigos/V14n2/A4V14N2/pdf.
 10. PEREIRA, A; 1977. A determinacao de funcoes de crescimento mediante analise do tronco. Curitiba. Universidad Federal do Parana. 127 p.
 11. QUIRÓS, D.; GOMEZ, M. 1998. Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica: Análisis financiero. Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 23 p

JIRCAS, UNA-FCA-CIF, “EVALUACIÓN DE PARCELAS A SER DESTINADAS PARA REFORESTACIÓN, PROYECTO F/R-MDL”, Marzo, 2008

1. BRASSIOLO, M. 1996. Determinación del tamaño de parcela para estudios de regeneración natural de quebracho colorado santiagueño y quebracho blanco. Revista Quebracho (4): 5 - 10. Santiago del Estero, Argentina.
<http://fcf.unse.edu.ar/pdf/Quebracho/q4-01.pdf>
2. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Orozco, L.; Brumer, C. CATIE. Costa Rica.
3. DEGEN, R.; MERELES, F.; ORTIZ, M. 2004. Macizo Acahay: Estudio fitosociológico de un área boscosa. Rojasiana (PY). 6 (1): 81-93.
4. FALLAS, J. 2001. Propuesta metodológica para implementar un Programa Nacional de Inventario de Recursos Forestales en Costa Rica y resultados de su aplicación a nivel experimental en la península de Nicoya y en la Zona Norte. CAPITULO II. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. PRMVS-EDECA. Costa Rica.
http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/Cap2_revision_literatura.pdf
5. FAO. 2004. Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Directrices para la elaboración de informes nacionales destinados a FRA 2005. Roma.
<http://www.fao.org/docrep/007/j2132s/J2132S00.htm#TopOfPage>
6. HUSCH, B. 2001. Estimación del contenido de carbono de los bosques. En: Simposio internacional y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. INFORA. Chile: 1-7.
7. HUTCHINSON, J. 1972. Inventario forestal de reconocimiento de la Región Oriental del Paraguay. PNUD/FAO/SFN.
8. LÓPEZ, J. A; LITTLE, E.; RITZ, G.; ROMBOLD, J.; HAHN, W. 1987. Árboles comunes

- del Paraguay: Ñande yvyra mata kuera. Cuerpo de Paz. Paraguay.
9. MERELES, F.; DEGEN, R.; ORTIZ, M. 1994. La diversidad florística del Macizo Acahay, Paraguari, Paraguay. *Rojasiana (PY)*. 2 (2): 129-163.
 10. MOSCOVICH, F.; KELLER, H.; MARTIARENA, R.; FERNÁNDEZ, R.; BORHEN, A. 2003. Determinación del tamaño óptimo de parcela para estudios de composición florística de selva y forestaciones de coníferas de la provincia de misiones, argentina. Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Facultad de Ciencias Forestales -UNaM- EEA Montecarlo –INTA Eldorado, Misiones, Argentina.
<http://www.inta.gov.ar/montecarlo/info/documentos/forestales/moscovichparcela.pdf>
 11. QUINTEROS, M. 2000. Determinación de biomasa y carbono almacenado. No publicado. San Lorenzo.
 12. UNFCCC, 2005. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Alemania.

附属書：植林に係る農家アンケート調査様式

ENCUESTA SOBRE REFORESTACIÓN

Nombre del productor:

Encuesta N°.....

Compañía:

Encuestador:

Comunidad:.....

Fecha:...../...../.....

Distrito:

Sup. de la fincaha.....

Marcar con (X)

	(Si)	(No) ¿Por qué?
1. Tiene interés en la reforestación		1:..... 2:.....

En caso de responder sí, continuar con las demás preguntas;

Marcar con (X)

2. ¿Ud. es beneficiario del actual Proyecto?	(Si)	(No)
--	------	------

3. Indicar la superficie que destinaría para reforestar, por especie/s

Marcar Sup. en (ha)

Indicaciones	Especies	Sup. Total (ha)	Parcela	Sup. (ha)	(*) Bosque después 1990
(a) La superficie mínima de reforestación con: 1. Eucalipto y 2. Paraíso Gigante, objetos de CDM, será de mínimo 0,5 ha. (80%)	1. Eucalipto Grandis		PE-1		
			PE-2		
			PE-3		
	2. Paraíso Gigante		PP-1		
			PP-2		
			PP-3		
(b) Las demás especie 3. y 4. no serán consideradas en el CDM (20%)	3. Frutales				
	3.1.				
	3.2.				
	3.3.				
(c) En caso de que un productor desee en varios bloques B1, B2 etc., indicar la sup./Parcela	4. Otros, indicar abajo				
	4.1.				
	4.2.				
	4.3.				
(d) En caso que el lugar fue bosque después de 1990, no será considerado en CDM	Total:				

Obs: (*) Marcar con una (X) sí el lugar indicado fue bosque después de 1990

4. Qué características tiene el lugar de la finca que tiene pensado reforestar? / indicar por parcela

Marcar con (X)

	Bloques					
Uso actual	PE-1	PE-2	PE-3	PP-1	PP-2	PP-3
Características del lugar						
-Lugar plano						
-Con pendiente						
-Con afloración de piedras/rocas						
-Suelos bajos inundables						
-En el perímetro de la finca						
-En el frente de la finca, límite con el camino						
-Al costado de cursos de agua						
-Alrededor de la casa						
- Especifique el lugar						

5. Principales objetivos que piensa lograr con la reforestación / indicar por parcela

Marcar con (X)

Objetivos	PE-1	PE-2	PE-3	PP-1	PP-2	PP-3
-Aprovechar los productos forestales						
- Agroforestería						
- Conservación de suelo						
-Obtener forraje para el ganado						
-Protección y sombra de animales						
-Para definir límites de la propiedad						
-Cortina rompevientos						
-Dejar como patrimonio familiar						
-Otros (Indicar)						

6. Reforestación bajo la asistencia de J-Green (Proyecto actual)

Marcar con (X)

Con la asistencia de J-Green, ¿Actualmente ya inició la reforestación?	(Si)	(No)
	En caso de no, ¿por qué?:	
<i>En caso de sí, continuar</i>		
-Indicar la fecha de plantación	/...../.....	
-Indicar especie/s forestales plantadas	(i)	(ii)
-Indicar superficie reforestada por especie/s	() ha	() ha
- Confirmación de no haber sido bosque desde 1990	()	()

7. Régimen de tenencia de la tierra

Marcar con (X)

Régimen	Marcar (X)	Tiempo que vive en el lugar (años)	Situación
Propietario			1. Con título definitivo () 2. En proceso de titulación () 3. Sin título ()
Arrendatario/Aparcería			
Ocupante			
Otras formas			Especificar: 1. 2.

8. Dibujar un Croquis de la Finca (solo en caso de no contar con plano GIS)

Conteniendo las siguientes referencias:

1. Lugar/es de la finca que tiene pensado reforestar, indicar Bloque/s
2. Ubicación de la vivienda, camino, aguadas, bosques, referencia de pendiente, etc.
3. Otras referencias importante

Observaciones (del encuestador)

【著者】松原英治

【連絡先】

〒305-8686 茨城県つくば市大わし 1 - 1

(独)国際農林水産業研究センター 農村開発領域

担 当：松原英治

電 話：029-838-6686

F a x：029-838-6693

E-mail：eijimatu@affrc.go.jp

mamowata@affrc.go.jp