

ISSN 1016-3263



International Union of Forestry Research Organizations  
Union Internationale des Instituts de Recherches Forestières  
Internationaler Verband Forstlicher Forschungsanstalten  
Unión Internacional de Institutos de Investigación Forestal

## **IUFRO World Series Vol. 5**

IUFRO Secretariat Vienna 1994

---

### **IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring**

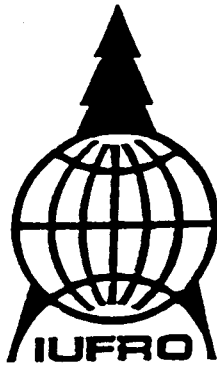
### **Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales**

**Editor: Risto Päivinen**



University of Joensuu, Faculty of Forestry  
P.O. Box 111, SF-80101 Joensuu, Finland

ISSN 1016-3263



International Union of Forestry Research Organizations  
Union Internationale des Instituts de Recherches Forestières  
Internationaler Verband Forstlicher Forschungsanstalten  
Unión Internacional de Institutos de Investigación Forestal

## **IUFRO World Series Vol. 5**

IUFRO Secretariat Vienna 1994

---

### **IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring**

**A Project of**

IUFRO Working Party S4.02-05

### **Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales**

**Un proyecto del**

Grupo de Trabajo de IUFRO S4.02-05

**Edited by:**

Risto Päivinen, H. Gyde Lund, Simo Poso  
and Tomasz Zawila-Niedzwiecki

**Versión española:**

Ramón Elena Rossellò y Bertram Husch

---



International Union of Forestry Research Organizations  
IUFRO, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Vienna, Austria

University of Joensuu, Faculty of Forestry  
P.O. Box 111, SF-80101 Joensuu, Finland

Päivinen, Risto; Lund, H. Gyde; Poso, Simo; Zawila-Niedzwiecki, Tomasz. eds. 1994. **IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring**; A Project of IUFRO Working Party 4.02.02. **Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales**; Un Proyecto del Grupo de Trabajo de IUFRO S4.02-5. IUFRO World Series Report 5. Vienna, Austria. International Union of Forestry Research Organizations. 102 p.

---

**Recommended catalogue entry:**

IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring ; A Project of IUFRO Working Party S4.02-05 = Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales ; Un proyecto del Grupo de Trabajo de IUFRO S4.02-05 / Risto Päivinen, H. Gyde Lund, Simo Poso and Tomasz Zawila-Niedzwiecki (eds.). Vienna : IUFRO, 1994. - 102p. - (IUFRO World Series , Vol. 5)

ISBN 3-901347-00-3

ISSN 1016 - 3263

FDC 585:587:(083.7)

**Published and available from:**

IUFRO Secretariat, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Vienna, Austria

Price: 30 US\$

© Copyright 1994 by IUFRO Secretariat Vienna

Translation and layout:

Gerda Wolfrum, IUFRO Secretariat Vienna

Printed by:

Hillebrand Nyomda KFT.

Sopron, Csengery U. 49

Hungary

# CONTENTS - INDICE

<b>PREFACE</b>	.....	<b>6</b>
<b>PRESENTACION</b>	.....	<b>7</b>
<b><i>Foreword</i></b>	.....	<b>9</b>
<b>1. Introduction</b>	.....	<b>11</b>
1.1 Functions of the World's Forests	.....	11
1.2 Present Activities	.....	11
1.3 Problems	.....	11
1.4 Purpose of the Guidelines	.....	12
1.5 Development of the Guidelines	.....	12
1.6 Intended Users	.....	13
<b>2. Information Needs</b>	.....	<b>14</b>
2.1 Information Needs Assessment	.....	14
2.2 Forest Monitoring Levels	.....	14
2.3 Types of Monitoring	.....	16
<b>3. Sources of Information for Monitoring</b>	.....	<b>19</b>
3.1 General	.....	19
3.2 Map Data	.....	19
3.3 Remotely Sensed Data	.....	20
3.4 Field Information	.....	22
3.5 Future Monitoring Efforts	.....	24
<b>4. Sampling Design</b>	.....	<b>26</b>
4.1 Steps in Sample Design	.....	26
4.2 Stratification	.....	27
4.3 Multi-Stage and Multi-Phase Sampling	.....	28
4.3.1 Multi-Stage Sampling	.....	28
4.3.2 Multi-Phase Sampling	.....	29
4.4 Purposive or Non-statistical Sampling	.....	30
4.5 General Aspects	.....	30
<b>5. Building an Infrastructure</b>	.....	<b>33</b>
5.1 Framework	.....	33
5.2 Organization	.....	33
5.3 Monitoring Plan	.....	34

# CONTENTS - INDICE

<b>6.</b>	<b><i>General Reference</i></b>	.....	<b>36</b>
	<b><i>Appendices</i></b>	.....	<b>39</b>
1.	Standards and definitions	.....	40
2.	FAO Land Cover/Use Classification	.....	43
3.	Remote Sensing Characteristics	.....	45
4.	Illustration of the Three Phase Sampling and Estimation	.....	49
5.	IUFRO S.4.02.05 Questionnaire on Permanent Plot Networks	.....	50
6.	List of Contributors to Guidelines	.....	52
 <b>VERSION ESPAÑOLA</b>			 <b>55</b>
	<b><i>Prólogo</i></b>	.....	<b>55</b>
<b>1.</b>	<b><i>Introducción</i></b>	.....	<b>57</b>
1.1	Funciones de los bosques del mundo	.....	57
1.2	Actividades actuales	.....	57
1.3	Problemas	.....	57
1.4	Objetivos de las Directrices	.....	58
1.5	Desarrollo de las Directrices	.....	58
1.6	Usuarios potenciales	.....	59
<b>2.</b>	<b><i>Requisitos de información</i></b>	.....	<b>61</b>
2.1	Evaluación de los requisitos de información	.....	61
2.2	Niveles de monitorización de los recursos forestales	.....	61
2.3	Tipos de monitorización	.....	63
<b>3.</b>	<b><i>Fuentes de información para la monitorización</i></b>	.....	<b>67</b>
3.1	Datos generales	.....	67
3.2	Datos cartográficos	.....	67
3.3	Datos de teledetección	.....	68
3.4	Información de campo	.....	70
3.5	Trabajos futuros de monitorización	.....	72

## CONTENTS - INDICE

<b>4. Diseño del muestreo</b>	<b>74</b>
4.1 Etapas en el diseño de la muestra	74
4.2 Estratificación	75
4.3 Muestreo multietápico y muestreo multifásico	76
4.3.1 Muestreo multietápico	76
4.3.2 Muestreo multifásico	77
4.4 Muestreo intencionado no probabilístico	79
4.5 Aspectos generales	79
<b>5. Establecimiento de una infraestructura</b>	<b>81</b>
5.1 El marco	81
5.2 La organización	81
5.3 El plan de monitorización	82
<b>6. Referencias generales</b>	<b>84</b>
<b>Apéndices</b>	<b>87</b>
1. Normas y definiciones	88
2. Clasificación de cubierta/uso territorial según la FAO	91
3. Características de teledetección	93
4. Desarrollo ilustrativo del muestreo trifásico y su estimación	97
5. Cuestionario del Grupo IUFRO S4.02-05 sobre redes de parcelas permanentes	98
6. Relación de equivalencias entre América Latina y España *)	100
7. Lista de personas que han contribuido a la elaboración de las Directrices	101

---

### \*) NOTA SOBRE LA VERSION EN ESPAÑOL:

Estas directrices son la versión en lengua española de "IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring". En esta versión se han tratado de seleccionar aquellos términos técnicos de uso y difusión comunes en las comunidades forestales de Latino-América y España. No obstante, en algunos casos existen ciertas divergencias entre sus respectivos vocabularios. Para facilitar el uso de estas directrices se ha optado por añadir el Apéndice 6 con una relación de equivalencias.

## PREFACE

One of the major goals of the International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) is to improve communications among forest researchers and managers throughout the world.

The enclosed International Guidelines for Forest Monitoring outline a procedure to increase our ability to share plot information for research, management, inventories, and remote sensing verification. The intended users are those that conduct the collection of field data whether during the course of resource inventories or monitoring studies.

Following recommendations from the 1990 IUFRO World Congress in Montreal, IUFRO Subject Group S 4.02-05 (Remote Sensing and World Forest Monitoring) initiated work on the guidelines at the Wacharakitti International Workshop on Remote Sensing and Permanent Plot Techniques for World Forest Monitoring held in Pattaya, Thailand, 13-17 January 1992. Work on the guidelines was undertaken in cooperation with the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations.

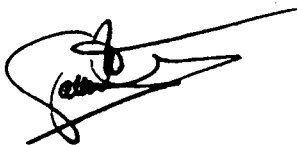
The guidelines were further refined following the Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories held in Helsinki, Finland 17-21 August 1992. They were presented for review at the World Forest Watch meeting held in Brazil in May 1992, at the United Nations Environment Programme (UNEP)/FAO Expert Consultation on Environmental Parameters in Future Global Forest Assessments held in Nairobi in December 1992, at the World Resources Institute meeting on Defining Environmental Information Needs Early in the Next Century held in Washington, DC also in December 1992, and most recently at the FAO/Economic Community of Europe (ECE) Meeting of Experts on Global Forest Resources Assessment held in Kotka, Finland in May 1993. In addition, the guidelines were sent out to nearly 1,500 scientists, research organizations, and forest management agencies throughout the world for review.

The guidelines represent the input from those reviews and workshops. However, this report is not to be considered as the final result of the process. It should rather be regarded as a step towards improved information on our precious natural resources and will need follow-up and further development in the future.

Given this background and the need to be able to share information internationally, it is with great pleasure that I present these guidelines to you and urge all IUFRO member organizations and their scientists to follow the IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring in their inventory and research activities.

I would like to congratulate and thank Dr. R. Päivinen and IUFRO Subject Group S4.02-05 for the effort in producing this guideline which I hope will help in global monitoring efforts.

Sincerely,



Dr. M. N. Salleh  
IUFRO President

## PRESENTACION

Uno de los principales objetivos de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal es la mejora del intercambio de información entre investigadores, gestores y administradores forestales de todo el mundo.

Las siguientes Directrices Internacionales para la Monitorización de los Recursos Forestales tratan de establecer un procedimiento que sirva para incrementar nuestra capacidad de compartir la información de parcelas forestales con fines investigadores, de administración e inventariación, y para su verificación mediante teledetección. Están dirigidos sobre todo a personas dedicadas a la toma de datos de campo, tanto en trabajos de inventariación de recursos, como en estudios de monitorización.

Partiendo de las recomendaciones formuladas por el Congreso Mundial de IUFRO celebrado en Montreal en 1995, el Grupo de Trabajo S4.02-05 (Teledetección y monitorización forestal mundial) empezó a trabajar en estas Directrices durante la Reunión de Trabajo de Wacharakitti sobre Teledetección y Técnicas de Parcelas Permanentes para la Monitorización de los Recursos Forestales Mundiales, que tuvo lugar en Pattaya, Tailandia, del 13 al 17 de enero de 1992. El trabajo sobre las Directrices se emprendió en cooperación con la Organización de Alimentación y Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas.

Las Directrices fueron revisadas en primer lugar tras el Simposio de Ilvessalo sobre Inventarios Forestales Nacionales celebrado en Helsinki, Finlandia, del 17 al 21 de agosto de 1992. Posteriormente fueron sometidas a sucesivos exámenes por parte de la reunión Observación Forestal Mundial (World Forest Watch) (Brasil, Mayo de 1992); de la Conferencia de Expertos del Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP) y de la FAO sobre los Parámetros Ambientales en la Evaluación Forestal Global Futura (Nairobi, Diciembre de 1992); de la Reunión del Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute) sobre la Definición de los Requisitos de Información sobre el Medio Ambiente de Principios del Próximo Siglo (Washington D.C., Diciembre de 1992); y, últimamente, de la Conferencia de Expertos de la FAO y la Comunidad Económica Europea (CEE) sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (Kotka, Finlandia, Mayo de 1993). Además, las Directrices fueron enviadas a unos 1500 científicos, organizaciones de investigación y agencias de administración (manejo) forestal de todo el mundo para su revisión.

Las presentes Directrices son el resultado de todas estas revisiones y reuniones de trabajo. No obstante, el siguiente informe no se entiende como el producto final del proceso sino que debe ser considerado, mas bien, como un paso hacia la meta de obtener mejor información sobre nuestros valiosos recursos naturales que requerirá de un detenido seguimiento y de una ulterior profundización.

A la vista de estos antecedentes y de la necesidad de poder compartir informaciones a nivel internacional, tengo la gran satisfacción de presentarles estas Directrices e invitar a todas las organizaciones miembros de IUFRO y a sus investigadores a que utilicen las Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales en sus investigaciones e inventarios.

Quisiera felicitar y dar las gracias al Dr. R. Päivinen y al Grupo de Trabajo de IUFRO S4.02-05 por su esfuerzo al elaborar estas Directrices de las que espero sean de gran ayuda para la monitorización global de los recursos forestales.

Atentamente,

Dr. M. N. Salleh  
Presidente de IUFRO



# **Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales**

**Un proyecto del**  
Grupo de Trabajo de IUFRO S4.02-05

**Versión española:**  
Ramón Elena Rossellò y Bertram Husch

---

## **PROLOGO**

Los bosques del mundo están en el centro del interés internacional a causa del gran número de cuestiones ambientales que sobre ellos se están concitando y discutiendo en la actualidad. Para que podamos comprender lo que está pasando realmente en nuestros terrenos forestales, tenemos que monitorizar sus recursos para medir y predecir cambios. Se entiende por monitorización la observación periódica de determinados parámetros con el fin de cuantificar los cambios que se producen durante un período de tiempo dado. La monitorización de cambios en los recursos forestales requiere frecuentemente del uso de técnicas de teledetección así como del establecimiento de parcelas permanentes.

Con el fin de compartir datos y experiencias entre científicos de diversas partes del mundo y de comparar datos de inventarios de distintas regiones, se necesita urgentemente alguna forma de guía internacional. Las presentes Directrices intentan fomentar la normalización y compatibilidad en la toma, almacenamiento y presentación de datos seleccionados para la monitorización de recursos forestales mediante una forma de cooperación tal que permita que los resultados se presenten en forma de una base de datos común para la investigación y la gestión forestal. Pretendemos que los resultados de estudios individuales sobre recursos forestales que sean realizados siguiendo estas Directivas se puedan transferir a una base de datos mundial, o que formen parte de una red mundial mantenida por las Naciones Unidas. Aquellos que aporten información a la red tendrían acceso a la base de datos, lo que les beneficiaría en el diseño de futuros inventarios y evaluaciones.

Para obtener mas copias de estas Directrices, sírvanse contactar con la Secretaría de IUFRO, c/o Federal Forest Research Station, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Viena, Austria. Las Directrices serán revisadas en 1995 a la luz de posibles cambios en requerimientos y/o prioridades, contemplándose también la introducción de normas adicionales.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Funciones de los bosques del mundo

Los recursos forestales del mundo abastecen de alimentos vitales, combustibles y fibra a la creciente población mundial. En muchos países, los bosques han proporcionado los recursos para su industrialización, y siguen desempeñando un papel muy importante como fuente de divisas y como reserva de tierra para una población creciente, especialmente en los países en vías de desarrollo.

Los bosques actúan simultáneamente como productores y consumidores de carbono, sirven de filtro del aire que respiramos y del agua que bebemos, y protegen las tierras agrícolas así como las zonas residenciales frente a la erosión o los aludes etc. Los bosques proporcionan un hábitat valioso para una variada flora y fauna, lo cual puede ser esencial para la supervivencia de los seres humanos del futuro. Los bosques también son lugares de esparcimiento, devoción y fortalecimiento del mundo interior de las personas.

Lamentablemente, los recursos forestales del mundo están desapareciendo a una velocidad hasta ahora desconocida en los países tropicales, mientras que en algunas otras regiones, están perdiendo su diversidad y productividad. Hasta el momento, se desconocen o no son completamente comprendidos tanto la velocidad como la magnitud y el impacto de estos cambios.

### 1.2 Actividades actuales

En todo el mundo, los investigadores están tomando datos para estudiar y modelizar los cambios en los recursos forestales. Organismos y agencias nacionales realizan inventarios y evaluaciones periódicas de sus recursos naturales con el fin de desarrollar sus políticas y pautas de gestión territorial a gran escala. En cumplimiento del mandato establecido en su constitución, la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) se ocupa de reunir, analizar, interpretar y difundir la información relativa a los bosques del mundo. Otras organizaciones, entre ellas el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), la Comisión Económica Europea (CEE), y el Centro de Investigación Colectiva de la Comisión Económica Europea (JRC/TREES), realizan estudios multinacionales sobre la capacidad de carga de nuestro planeta y la velocidad a que tienen lugar los cambios.

Los resultados de esos trabajos vienen siendo publicados en diversos artículos científicos y profesionales, en las estadísticas nacionales, así como en publicaciones de las Naciones Unidas.

### 1.3 Problemas

Como se ha mencionado anteriormente, están en marcha varias iniciativas de evaluación forestal a nivel nacional, regional y mundial. Frecuentemente, muchos de estos esfuerzos carecen de coordinación y se realizan independientemente. En consecuencia, gran parte de la información

existente no se conoce, es minusvalorada o no se usa. El uso de diferentes definiciones o distintos métodos de medida puede impedir la comparación de los resultados. En amplios temas existen enormes vacíos de conocimiento mientras que en otros se producen duplicaciones. Son pocos los países que tengan inventarios forestales nacionales, y los inventarios actuales no siempre son apropiados para la monitorización de cambios o no responden a las cuestiones medio-ambientales que hoy día hay que abordar.

El establecimiento de una base de datos de los recursos forestales del mundo es de una vital importancia. Esta base de datos será desarrollada y su contenido mejorado para que sea posible incluir, de forma progresiva, resultados de otras evaluaciones, con independencia de cuando o donde fueron realizadas. Para lograrlo, esta base de datos requiere que los resultados de las evaluaciones sean compatibles entre sí, lo cual puede lograrse aplicando ciertas normas metodológicas como las que se presentan en las presentes Directrices.

### **1.4 Objetivo de las Directrices**

Todos aquellos que trabajan en el campo de la cubierta, la biomasa y la calidad forestales y sus cambios, es decir investigadores, organismos y agencias nacionales e internacionales, y naciones que cooperan con otras, deberían esforzarse en el objetivo común de facilitar un cuadro completo del estado y la tendencia de los recursos forestales del mundo.

Estas Directrices tienen como objetivo promover el almacenamiento y difusión normalizadas y compatibles de los datos seleccionados para la monitorización de los recursos forestales mediante una cooperación que permita que los resultados ofrezcan una base de datos común para la investigación y la gestión forestal.

Los objetivos a corto plazo consisten en hacer una lista de datos y definir las variables que deberían ser medidas para dar respuesta a las crecientes preocupaciones forestales y medio ambientales, así como presentar los principios para la toma de tales datos, de modo que puedan ser apropiados para su uso internacional.

A largo plazo, estas Directrices han de contribuir a lograr la meta de dar un servicio de información medio-ambiental, mediante el establecimiento de un sistema de información mundial sobre los recursos forestales. El producto final que se espera conseguir, estará constituido por una red multinacional de bases de datos que, si se integra en su totalidad, proporcionará estimaciones sobre los recursos forestales del mundo entero.

### **1.5 Desarrollo de las Directrices**

El Grupo de Trabajo de Teledetección y Monitorización de los Recursos Forestales (S4.02-05) de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) ha desarrollado las presentes Directrices en colaboración con la Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO) de Naciones Unidas.

El proyecto fue iniciado durante el Congreso Mundial de IUFRO celebrado en Montreal en el año 1990. Las aportaciones fundamentales se desarrollaron durante la Reunión de Trabajo Internacional de Wacharakitti sobre Teledetección (Percepción Remota) y Técnicas de Parcelas

Permanentes, patrocinado por el grupo IUFRO S4.02-05, que se celebró en Pattaya, Tailandia, en enero de 1992. Algunos expertos continuaron voluntariamente el trabajo, y la siguiente versión de las Directrices fue revisada por el grupo IUFRO S4.02-05 después del Simposio de Ilvessalo, que tuvo lugar en Finlandia en agosto de 1992. Más de 100 científicos y especialistas en teledetección procedentes de más de 20 países han colaborado en la preparación de estas Directrices.

El principal patrocinador de este trabajo ha sido la Agencia Finlandesa de Desarrollo Internacional FinnIDA. Las siguientes organizaciones también contribuyeron a desarrollar estas Directrices: la Universidad de Joensuu y la Universidad de Helsinki, Finlandia; la Universidad Kasetsart, Tailandia; el European Forest Institute (EFI); Finlandia, y el Programa de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

### **1.6 Usuarios potenciales**

Los usuarios a los que se dirigen estas Directrices se pueden agrupar del modo siguiente:

- Científicos e investigadores que toman información sobre recursos forestales con el objetivo de modelizar cambios, y que quieren compartir sus datos y tener acceso a los datos de otros científicos en el extranjero.
- Personas que se dedican al inventario y monitorización de recursos forestales y que quieren tener datos compatibles y comparables con los datos tomados en trabajos similares realizados en otras partes. Si estas Directrices son aplicadas en proyectos nacionales y sub-nacionales, se tendrá la seguridad de que los resultados serán comparables con otros y que se podrán utilizar para obtener resultados a nivel regional.
- Instituciones que patrocinan la monitorización de recursos forestales tales como las agencias de asistencia internacional que deseen asegurar que sus bases de datos incluyen datos recomendados internacionalmente que sean compatibles con los de otras agencias donantes. Los donantes pueden utilizar estas Directrices para asegurarse de que su apoyo en proyectos de monitorización es aprovechado de forma completa.
- Instituciones que tienen que reunir datos, tales como la FAO o la ECE, para sus evaluaciones forestales a nivel global o regional. Estas Directrices, que han sido desarrolladas en cooperación con organizaciones destacadas de la ONU, servirán como herramientas para aquellas organizaciones que se esfuerzan en proporcionar datos básicos y normas de clasificación de recursos forestales. De esta manera contribuirán a la integración de actividades de monitorización de recursos a nivel global y nacional.

Las Directrices se presentan en el orden en el que deben ser utilizadas en cualquier proyecto de monitorización. Siempre que estas Directrices sean utilizadas, rogamos sean citadas en sus respectivos informes de inventario o monitorización para que los demás sepan que fueron aplicadas de manera efectiva.

**Literatura recomendada**

FAO 1993. Forest Resources Assessment 1990. Tropical countries. FAO Forestry Paper 112. FAO, Rome 1993. 60 p.

Jaakkola, S. 1992. International efforts at global forest monitoring using remote sensing. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02.05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 13-23.

UN-CEE/FAO 1992. The forest resources of the temperate zones. Main findings of the UN-ECE/FAO 1990 forest resource assessment, United Nations, New York, ECE/TIM/60. 32 p.

UN-CEE/FAO 1992. The forest resources of the temperate zones. The UN-ECE/FAO 1990 forest resource assessment, Volume 1. General forest resource information. United Nations, New York, ECE/TIM/62. 348 p.

UN-ECE/FAO 1992. The forest resources of the temperate zones. The UN-ECE/FAO 1990 forest resource assessment, Volume 2. Benefits and functions of the forest, United Nations, New York, ECE/TIM/62. 268 p.

## 2. REQUISITOS DE INFORMACION

### 2.1 Evaluación de los requisitos de información

El primer paso que hay que dar en cualquier intento de monitorización es la evaluación de los requisitos de información (information needs assessment INA). "Esta es una fase decisiva en la planificación y una fase que se ha descuidado demasiadas veces o que, en el mejor de los casos, ha quedado postergada." (Husch 1971). Las preguntas importantes antes de comenzar son: "¿cuál es el objetivo?" y "¿quién va a usar los resultados?". La INA debe ser desarrollada mediante consultas con los interesados, especialmente con los usuarios potenciales de los resultados.

De tales preguntas y de la cooperación con los usuarios finales, pueden derivarse esbozos de resultados en forma de tablas resumen, gráficas, información geográfica, modelos estadísticos u otros modelos. Cuando se conocen las técnicas para obtener el producto deseado, es posible decidir sobre el tipo de mediciones necesarias en el campo e identificar cuantos datos de entrada puedan ser útiles.

No se puede sobreestimar la importancia de la evaluación de los requisitos de información. Sea cual sea la escala a la que se realice la monitorización, el diseño debe comenzar especificando qué es lo que se quiere saber y qué es lo que se espera obtener de la información recogida.

### 2.2 Niveles de monitorización de los recursos forestales

Existen tres niveles básicos sobre los que deben evaluarse los requisitos de información, a saber: los contextos local, nacional y mundial. En todos estos casos, los resultados obtenidos tienen que responder a la demanda de información de investigadores, profesionales, políticos y público en general. Janz (1993) trazó tres categorías de uso de información a nivel mundial que pueden ser aplicadas también a los otros niveles:

- Concienciar acerca del estado y nivel de desarrollo de los recursos forestales y otros recursos conexos.
- Monitorización y planificación
- Investigación sobre el potencial de abastecimiento y procesos tales como la deforestación y el cambio climático.

A nivel internacional, los bosques del mundo se consideran como una fuente primaria de bienes maderables y no maderables así como de servicios que aportan beneficios comerciales y no comerciales. Es igualmente importante e incluso más importante, el hecho de que los bosques representan una parte importante de la biosfera e influyen sobre el ciclo de carbono y la bioproductividad. Temas tales como la biodiversidad, el estado sanitario del bosque, la protección de las estaciones forestales, el cambio climático, la hidrología y los ciclos del agua tienen interés mundial.

Las necesidades mundiales para el manejo de los recursos naturales han sido puestas de manifiesto en pactos y recomendaciones internacionales. Durante la UNCED en junio de 1992, se prestó renovada atención a la evaluación de los recursos forestales. Un área del programa de la Agenda 21 lleva el siguiente título: "Establecimiento y/o reforzamiento de los recursos necesarios para la planificación, evaluación y observación sistemática de los bosques así como de programas, proyectos y actividades conexas incluyendo su transformación y comercio".

Su objetivo es "el fortalecimiento o establecimiento de sistemas para la evaluación y observación sistemáticas de los bosques y áreas forestales de cara a la evaluación del impacto de los programas, proyectos y actividades sobre calidad y extensión de los recursos forestales, las tierras disponibles para reforestación y la propiedad de la tierra, así como la integración de los sistemas en un proceso de investigación continua y análisis en profundidad, que aseguren las necesarias modificaciones y mejoras en la planificación y tomas de decisiones..." (véase ie. Janz 1993).

El uso sostenido de los recursos forestales de un país es de importancia primordial para los inventarios forestales nacionales. Aspectos tales como la superficie forestal y su evolución así como el equilibrio entre las estimaciones de corta y crecimiento de los recursos forestales deben ser puestos de manifiesto. Los cambios en los suelos forestales y en el estado sanitario de los bosques etc., deben ser investigados para asegurar la utilización futura de los recursos forestales.

En el tercer nivel, se trata de la necesidad de obtener información forestal a nivel local o sub-nacional, que anteriormente servía sobre todo para la extracción de madera. Hoy en día, los requisitos de información a nivel local ponen cada vez más énfasis sobre la cubierta vegetal, el patrón de uso territorial, la calidad del suelo, etc. Dichas características son necesarias para planificar el uso del territorio bajo la presión demográfica. En este contexto hay que considerar también el medio ambiente social y la cultura local.

Diferentes enfoques de monitorización requieren informaciones distintas, por lo que es posible que la toma de datos varíe de un proyecto a otro. Teniendo en cuenta los actuales problemas mundiales, la extensión de la cubierta forestal, la producción de biomasa para el almacenamiento y/o sumidero de carbono, las tasas de cambio forestal, y la calidad y estado sanitario del bosque son temas de interés prioritario a todos los niveles.

Aquellos datos que son comunes a todos los niveles de toma de decisión, forman un conjunto central de datos (Lund 1986). Desde aquí se quiere animar a los usuarios de estas Directrices a que tomen los datos correspondientes a dicho conjunto central. (véanse las tablas 2-1 y 2-2). **La recogida de los datos listados en las tablas 2-1 y 2-2, de acuerdo con las definiciones dadas en el apéndice 1.1, es esencial para obtener una base de datos coherente internacionalmente.**

**Tabla 2-1** Información que puede ser necesaria a nivel local, nacional e internacional para la monitorización de los recursos forestales. Los elementos del proyecto se califican de la manera siguiente: \*\*\* = alta importancia, \*\* = mediana importancia, \* = poca importancia. (véase también Husch, 1971):

FACTOR	NIVEL DE MONITORIZACION		
	Estudios sobre recursos locales	Inventario forestal nacional	Monitorización regional/mundial
	IMPORTANCIA		
Uso territorial	***	***	***
Cubierta territorial	***	***	***
Degradación territorial	***	***	**
Tipo de estación forestal	***	***	**
Tipo de suelo	***	***	**
Topografía	***	**	**
Propiedad	***	**	*
Accesibilidad	***	**	*
Biomasa	***	***	***
Volumen maderable	***	***	**
Otros productos forestales	***	***	*
Biodiversidad	**	***	***
Estado sanitario forestal	***	***	***
Fauna silvestre	***	**	*
Impacto humano	***	**	**
Cuencas hidrográficas	**	**	**

### 2.3 Tipos de monitorización

A continuación, se presentan algunos ejemplos de variables comunes que los usuarios de estas Directrices deben tomar en los diferentes tipos de proyecto de monitorización.

Los tipos de monitorización son:

1. Cubierta y uso territoriales - para el manejo de tierras
2. Recursos forestales - para la producción de madera.
3. Biomasa - para la producción de energía, el balance del carbono y el desarrollo de modelos locales
4. Calidad medioambiental o estado sanitario del bosque - para el manejo de ecosistemas

Debe ser subrayado el hecho de que estos tipos raramente aparecen como tales, sino que, a menudo, los trabajos de monitorización implican toma de datos con distintos propósitos múltiples.



En la monitorización de la cubierta territorial, nos interesa la superficie total de la zona de estudio, su uso actual, la cubierta vegetal y su potencialidad si es convertida en otra forma de uso territorial. Bosque o selvicultura representan una única forma de uso territorial.

**Tabla 2-2** Datos necesarios para la monitorización de la cubierta territorial, el bosque, la biomasa y la calidad medio-ambiental. La X significa que aquel elemento es necesario.

	Cubierta territorial	Bosque	Biomasa	Calidad medio-ambiental
<b>Identificación de la parcela</b>				
Coordenadas del lugar	X	X	X	X
Altitud	X	X	X	X
Pendiente	X	X	X	X
Orientación	X	X	X	X
Posición relativa del terreno	X	X	X	X
Año de observación	X	X	X	X
<b>Clasificación de la zona</b>				
Clase de uso territorial	X	X	X	X
Clase de cubierta territorial	X	X	X	X
Tipo de vegetación	X	X	X	X
Espesura de copas	X	X	X	X
Historia del rodal		X	X	
Radio para clasificar la zona	X	X	X	X
<b>Datos árboles/plantas</b>				
Especie		X	X	X
Altura		X	X	X
d.a.p./c.a.p.		X	X	X
Edad		X		
Crecimiento		X	X	X
<b>Datos del fuste</b>				
Dimensión del tronco		X		
Calidad de la madera		X		
<b>Datos de la copa</b>				
Diámetro de la copa			X	X
Altura de la copa			X	X
Area foliar			X	
Defoliación		X		X
Bioindicadores				X
Daños		X		X
Dendrocronología				X
Vegetación del sotobosque		X	X	X
Química foliar				X
Indicadores edáficos	X	X		X

Las definiciones de estas variables se encuentran en el apéndice 1.

La mayor parte de las variables utilizadas en la monitorización de los recursos forestales son útiles para la estimación de biomasa, por lo que un inventario forestal convencional se diferencia muy poco de una estimación de biomasa. Sin embargo, los árboles pequeños, los arbustos, las matas, así como las restantes plantas no leñosas, necesitan una atención especial dentro del inventario de biomasa.

Además de los datos sobre la madera utilizable o la biomasa, generalmente hace falta obtener datos sobre la cantidad y sentido de los cambios incluyendo el crecimiento, la deforestación y la degradación. Necesitamos saber también las causas de los cambios (incendios, aprovechamientos, caza furtiva, cultivo rotativo y datos sobre la diversidad de especies y el impacto de la presión demográfica).

La calidad del medio ambiente incluye el estado sanitario del ecosistema, la estructura y biodiversidad de la vegetación y conexiones vitales de la vegetación con los otros ecosistemas. Para medir la calidad medio-ambiental deberán utilizarse bioindicadores especiales.

### **Literatura recomendada**

- Hunsaker and Carpenter. 1990. Ecological indicators for the Environmental Monitoring and Assessment Program. USEPA EPA/600/3-90/060.
- Husch, B. 1971. Planning a forest inventory. FAO Forestry and Forest Products studies No 17. FAO, Rome 1971.
- Janz, K. 1993. National inventories serving global monitoring of forest resources. Proceedings of Ilvessalo-symposium on National Forest Inventories. Finland, August 17-21, 1992. The Finnish Forest Research Institute, Research reports No 444. pp 108-115.
- Kleinn, C. 1992. On the comparability of forest inventory results: the problem of compatible forest definitions. in: Wood and Turner (eds.): Integrating forest information over space and time, IUFRO Conference 13-17 January 1992. Camberra, Australia. p. 278-285.
- Lund, H.G. 1986. A primer on integrating resource inventories. Gen. Tech. Report WO-49. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture; Forest Service. 64 p.
- Palmer, C. and Jones, B.K. 1992. United States Environmental Monitoring and Assessment Program: an overview. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 59-70.
- Pelz, D. and Jaakkola, S. 1992. Working Group 1 - Information needs. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 232-233.

- Singh, K.D. 1992. Resource potential: policies for scaling up to global significance. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 119-124.
- Vanclay J. 1990. Integrated Resource Monitoring and Assessment: An Australian Perspective of Current Trends and Future Needs. In: Global natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21st Century. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland, USA. p. 650-658.
- Wardle, P. and Padovani, F. 1990. Towards a common framework for world forest resource assessment. In: Lund, H.G. and Preto, G. eds. Proceedings - Global natural resource monitoring and assessments: preparing for the 21st century. 24-30 September 1989. Venice, Italy. Bethesda, MD: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing; 714-733.

### 3. FUENTES DE INFORMACION PARA LA MONITORIZACION

Existe mucha información en forma cartográfica, tomada por teledetección y/o recogida en el campo. Intuitivamente, uno debería tender a aprovechar el trabajo ya hecho. Esto es muy aconsejable siempre que las nuevas necesidades de información sean compatibles y no causen dificultades al sistema de información existente. Para evaluar la información existente se recomienda examinar los siguientes puntos:

#### 3.1 Generales

- Lugar donde se efectuó la monitorización
- Objetivo inicial de la monitorización
- Clases de cubierta forestal o cubierta territorial y clases de uso territorial, identificadas según las directrices de la FAO u otras disponibles. (Véase el apéndice 2).
- Descripción de datos adicionales obtenidos y disponibles
- Fecha de observación - fechas de las observaciones anteriores y de las venideras, si se trata de parcelas permanentes.
- Indicaciones acerca de la precisión y del control de calidad.
- Responsable de la base de datos - nombre y dirección postal, número de teléfono y fax de la persona que se ocupa de la base de datos. Indicar si la persona está autorizada a suministrar información acerca de parcelas y/o datos sobre parcelas incluyendo información sobretendencias.
- Fuentes de datos suplementarios - teledetección, fotografía aérea, parcelas de campo.

#### 3.2 Datos cartográficos

La mayor parte de la superficie terrestre está representada cartográficamente. Aunque su escala, fecha, contenido y precisión sean variables, los mapas siempre constituyen un marco útil para la planificación de actividades de monitorización.

La mayor parte de las características geográficas, tales como ríos, lagos y curvas de nivel, tienen la ventaja de ser bastante estables, mientras que otras, tales como zonas forestales, carreteras y asentamientos humanos, pueden cambiar en períodos de tiempo más cortos. La información cartográfica puede servir para la planificación de la monitorización, pero sobre todo, para el análisis de los datos obtenidos en ella.

Los procedimientos más sencillos de análisis de datos, conllevan la comparación y combinación de mapas específicos. Tales análisis pueden realizarse a mano o, más eficazmente, por ordenador. Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) basados en el uso de ordenadores constituyen una poderosa herramienta para analizar datos cartográficos. Las características de la monitorización pueden ser incorporadas en diferentes bases de datos y, con fines forestales, pueden ser tratadas como niveles separados de información.

Los datos forestales obtenidos en el terreno o por medio de técnicas de teledetección pueden integrarse en los sistemas de monitorización existentes. Los S.I.G. ofrecen un gran número de útiles funciones, a saber:

- Integración de mapas (puede combinarse la información procedente de mapas de diferentes escalas, proyecciones o leyendas)
- Superposición de mapas (pueden superponerse, por ejemplo, datos de teledetección sobre un mapa forestal)
- Análisis espacial.

### **3.3 Datos de teledetección**

Las plataformas y sensores para la teledetección pueden variar desde una muestra de imágenes AVHRR de satélites remuestreadas con resolución de cuatro kilómetros hasta cámaras portátiles de video montadas sobre aviones de alas fijas y con resolución de menos de 1 metro. En el apéndice 3 se muestra una lista con los diferentes sensores y sus posibilidades técnicas.

Los instrumentos que producen imágenes pueden ser agrupados de la forma siguiente:

- Cámaras fotográficas que combinan distintas ópticas, filtros y películas.
- Cámaras de video (a veces con combinaciones de filtros distintos).
- Instrumentos de escaneo que generan imágenes en varias bandas a la vez, explorando la superficie a examinar, línea a línea desde las bandas visibles hasta las bandas infrarrojas térmicas.
- Sistemas de radar que utilizan la fracción de microondas del espectro electromagnético y trabajan normalmente en forma activa, es decir, irradiando la superficie a investigar y capturando la energía reflejada.
- Aparatos laser.

En todo proyecto de teledetección es preciso proporcionar la información correspondiente a:

- Datos de cobertura y técnicas de calibración
- Bandas y sensores utilizados, incluyendo un informe completo sobre el proceso al que han sido sometido los datos.

### **Datos aéreos**

En comparación con los levantamientos terrestres, las fotografías aéreas ofrecen una vista sinóptica de una gran superficie forestal. La resolución de las fotos aéreas no sólo permite un análisis muy detallado, sino que también da la posibilidad de explorar zonas de difícil acceso, donde el trabajo de campo requeriría enormes esfuerzos logísticos y podría causar problemas climáticos, ecológicos o políticos.

Entre las ventajas que la fotografía aérea ofrece se pueden destacar las siguientes:

- Una amplia gama de películas en las fracciones visibles e infrarrojas del espectro y una tecnología fotográfica muy avanzada, unidas a una gran variedad de alturas de vuelo, ofreciendo

un amplio surtido de escala, desde las muy amplias con alta resolución hasta las pequeñas destinadas a un reconocimiento general.

- Costes de evaluación relativamente bajos
- No se necesitan técnicas muy sofisticadas de procesado.
- Representación realista de las características, haciendo de la interpretación un proceso natural.
- Seguridad métrica y posibilidad de mediciones precisas.
- Visión estereoscópica.

La interpretación de datos aéreos permite el reconocimiento y la cartografía de diferentes tipos de bosques, la monitorización de su evolución y la cuantificación de daños y de condiciones de estrés.

Según el tipo de estudio, hay que escoger la escala más adecuada para detectar las características de los bosques a investigar. Escalas menores de 1:30000 pueden ser utilizadas en cartografía regional, mientras que escalas entre 1:30000 y 1:10000 pueden ser utilizadas en cartografía detallada de los bosques así como para la identificación del tipo de bosque y la cuantificación de daños. Las escalas mayores de 1:10000 se utilizan para una monitorización y cartografía muy detalladas, incluyendo la evaluación de árboles individuales.

### **Datos tomados desde satélite**

Para obtener una visión general a escala continental, las imágenes AVHRR con resolución de 1 km y sobrevuelo diario resultan las más rentables, ofreciendo datos de una precisión razonable. Utilizando los datos LAC con una resolución de 1 km es posible clasificar el tipo de vegetación presente, identificar superficies con y sin bosque, o hacer clasificaciones aproximadas similares con una escala de 1:500000 o menor.

Se recomienda el uso de Landsat MSS, TM y SPOT para la monitorización de los recursos forestales y la identificación de características culturales más generales. Los datos captados por Landsat MSS presentan la ventaja de ser los más antiguos para la estimación de características terrestres, y por lo tanto permiten hacer una interpretación retrospectiva de imágenes hasta el año 1972. Landsat TM tiene una gama espectral muy amplia con 7 canales; los canales 3, 4 y 7 son los más apropiados para estudios de vegetación y para la evaluación del estado sanitario del bosque. SPOT tiene la mejor resolución espacial de los datos digitales captados desde satélite.

Estos satélites registran imágenes dentro de la gama óptica del espectro electromagnético, lo que significa que una capa de nubes representa un importante obstáculo para la captura de datos. Sin embargo, los satélites radar como los ya existentes ERS-1, JERS-1 y ALMAZ y modelos futuros como RADARSAT podrían ser de gran utilidad para la monitorización de recursos forestales.

He aquí las ventajas principales de los datos captados por satélite:

- Observaciones frecuentes por todo el mundo
- Formato digital que permite la interpretación automática
- Mediciones normalizadas y controladas tanto en el tiempo como en el espacio
- Bajos costes por unidad de superficie

Los grandes operadores de satélites como NOAA, SPOT, NASA, ESA reconocen la necesidad de asegurar una continuidad en el suministro de datos de satélite. Ya hay una cierta seguridad de que los futuros satélites de las series Landsat, SPOT o ERS, por ejemplo, van a permitir esa continuidad en los datos. También va a haber una gran cantidad de satélites nuevos por ejemplo

ODEOS, Radarsat que suministrarán informaciones nuevas y adicionales. El apéndice 3 presenta una lista de todos los satélites medioambientales existentes en la actualidad. Los datos de satélite se obtienen de compañías de satélites, distribuidores autorizados o puntos nacionales de contacto.

El precio de los datos de satélites dedicados a la identificación de cambios globales están siendo ampliamente revisados en algunos países, y se observa una fuerte tendencia, sobre todo en los Estados Unidos, a suministrar los datos a precio reducido.

El procesamiento de los datos obtenidos por satélite incluye la fase de procesamiento preliminar. En esta fase se hacen las correcciones radiométricas y geométricas necesarias y se realizan clasificaciones digitales, visuales o híbridas de las imágenes.

### **Esfuerzos en el futuro**

La monitorización de los recursos forestales en el futuro presenta los siguientes requerimientos:

1. Habrá que tener en consideración las limitaciones de los sensores cuando se desarrollen sistemas de clasificación, definiciones de clases e informes.
2. Habrá que hacer la petición de los datos con formato geo-referenciado. Una parte significativa de la teledetección consiste en preparar los datos para el procesamiento. Este trabajo deberá llevarse a cabo en centros regionales y comprende correcciones radiométricas y geométricas, geo-codificación para obtener una proyección normalizada y reestructuración de datos. Los puntos terrestres de referencia tendrán que estar disponibles en un archivo. Deberá existir un catálogo de los datos complementarios que podrían acompañar a los datos de imágenes.
3. Habrá que recoger los datos de forma que puedan ser convertidos al formato apropiado para el Sistema de Clasificación de Tierras Forestales de la FAO.
4. Habrá que proporcionar una serie común de datos que haga mas efectiva la calibración de la teledetección. El uso de datos de campo bien documentados junto con los datos de teledetección co-registrados permite la comparación de distintos enfoques y métodos de interpretación. Estos conjuntos de datos captados por teledetección y tomados en el campo deberán estar disponibles en bases de datos públicas gestionadas, por ejemplo, por FAO o UNEP.

### **3.4 Información de campo**

Para que un trabajo de monitorización internacional tenga éxito, será preciso utilizar tanto las muestras del campo como las registradas mediante teledetección. El presente documento proporciona una guía tanto para las actividades de teledetección, como para el establecimiento de parcelas de campo. La teledetección se utiliza para cartografiar y monitorizar grandes áreas, mientras que las muestras analizadas en ambas fuentes de información se utilizan para:

- a) Reunir datos que no se puedan obtener de la cartografía, desde plataformas para monitorización, o desde sensores remotos (normalmente se trata de datos sobre biomasa, condiciones, productividad, crecimiento, vegetación terrestre, etc...)
- b) Proporcionar una base para la investigación y la construcción de modelos.
- c) Evaluar la precisión de la teledetección.

La información de parcelas de campo constituye una parte esencial de toda actividad de inventario o cartografía forestales. La información de campo puede ser la única fuente de datos, pero también puede combinarse con la información obtenida por teledetección. En algunos casos, es posible evaluar en el campo toda la superficie de interés, pero lo más frecuente es medir en el campo sólo unas muestras.

Los usos principales que se hacen de las muestras de campo son las siguientes:

- a) Inventario y monitorización de los recursos forestales
  - como muestra de campo independiente
  - en combinación con datos de teledetección (capacitación, evaluación de precisión)
- b) Investigación forestal (crecimiento y producción)

Normalmente, el tipo de parcela de campo y su muestreo se optimizan para cada objetivo concreto. Cuando se combinan datos de campo y datos de teledetección, es posible que las parcelas de campo, que originalmente no hayan sido diseñadas para este fin, tengan un gran valor. Con ciertas reservas, parcelas medidas para estudios de crecimiento y producción pueden ser igualmente utilizables.

### **Configuración de la parcela de campo**

Una parcela es una porción bien localizada de la superficie terrestre con límites o punto de origen definidos. Las parcelas pueden ser grandes o pequeñas, de forma circular, cuadrada, rectangular o variable según la vegetación o el tipo de bosque, las tradiciones de medida y la manera que uno vaya a usar los datos. Las parcelas pueden agregarse formando conglomerados o permanecer separadas.

Una parcela de campo puede ser temporal o permanente según la necesidad de repetir las mediciones. Las parcelas temporales se miden sólo una vez no teniendo en cuenta la posibilidad de visitar el lugar otra vez para detectar cambios.

Una parcela permanente se define como sigue:

- Parcela establecida, amojonada y documentada de tal forma que uno pueda repetir mas tarde la medición de su superficie exacta y los mismos objetos que permanecen en ella, y para la cual existen la intención y el plan de repetir dichas mediciones.

Las parcelas permanentes de muestreo en el campo tienen que ser fijadas con marcas ocultas para que no se traten de manera diferente a la de los terrenos que les rodean. No obstante, las marcas deben ser suficientemente claras para poder encontrar los lugares otra vez y repetir las mediciones algunos años después.

En la mayor parte de los trabajos de monitorización conviene usar parcelas de superficie fija. En este caso no se presenta la duda de que un árbol sea una incorporación suplementaria o no, o de que se encuentre dentro o fuera de la parcela. Por eso, en las parcelas de superficie fija se tiende a cometer menos errores. Muchas veces resulta útil registrar la posición de cada árbol dentro de la parcela.



El tamaño y el diseño de las parcelas dependen mucho de condiciones del bosque tales como la accesibilidad, el tipo de vegetación y el tamaño de los árboles. Sin embargo, resulta mucho más fácil localizar parcelas de campo en datos teledetectados si la parcela es suficientemente grande. Es por ello y por otras razones relacionadas con la eficiencia del muestreo estratificado, que se recomiendan parcelas con dimensiones un poco más grandes que las diseñadas para un mero muestreo de campo. De ese modo, es posible conectar las parcelas de campo con las imágenes de teledetección.

Siempre son necesarios datos de campo para establecer la conexión entre los datos de satélite y las condiciones del terreno. Si la meta fijada es el seguimiento de condiciones forestales, se necesitarán parcelas permanentes con sucesivas mediciones. Todos los datos reunidos durante las actividades de campo deberían ser geo-referenciados utilizando, por ejemplo, las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) o las coordenadas geográficas correspondientes. Las parcelas deberían ser localizadas en mapas forestales, bien en forma tradicional o digital.

Si se desea conectar parcelas de campo con imágenes de teledetección, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Usar parcelas suficientemente grandes para representar el biotopo o medio ambiente existente. Cuanto más grande es la parcela, más fácil resulta utilizarla como una referencia para los datos de satélite, siempre que el aumento no haga necesario dividirla.
- b) Utilizar un conglomerado de pequeñas parcelas de campo distribuidas sobre una superficie que corresponda, por lo menos, a la superficie de un píxel.

Para cualquier proyecto que involucre el establecimiento de parcelas de campo permanentes, hay que proporcionar las siguientes informaciones:

- Descripción general de cómo han sido geo-referenciados los lugares de muestreo, por ejemplo, por latitud y longitud o por UTM.
- Tipo y tamaño de la parcela.
- Momento exacto de la medición.
- Número de lugares de muestreo.

El uso de sistemas de posicionamiento global (S.P.G.) puede ayudar a determinar las coordenadas geográficas, mientras que el uso de sistemas de información geográfica (S.I.G.) puede ayudar a combinar datos de campo de parcelas geo-referenciadas con datos digitales de teledetección.

### **3.5 Trabajos futuros de monitorización**

En los trabajos futuros es preciso:

1. Tomar y registrar la información mínima solicitada en el Capítulo 2 y de acuerdo con las definiciones y normas que aparecen listadas en el apéndice 1.
2. Usar las mismas normas, definiciones, clasificaciones y bandas en todo futuro trabajo de monitorización o medición.
3. Tener cuidado con dar informes sobre estadísticas de un país, sobre todo cuando ese país no haya apoyado el proyecto. Los países deben administrar sus propios recursos, pero deberían

darse cuenta también de que estos recursos pueden ser monitorizados por otros. Los Organismos Internacionales pueden ocuparse de la monitorización de los bosques del mundo, pero se exige de ellos que informen sobre limitaciones y que aconsejen a los países en los que se realiza la monitorización.

4. Indicar si las bases de datos/imágenes están disponibles para el uso por otros países u organizaciones internacionales (véase apéndice 5).

5. Proporcionar una lista de contactos.

### **Literatura recomendada**

Baltaxe, R. 1991. Monitoring global tropical forest cover by remote sensing. In: Global environment: processes and monitoring from space. Proceedings Summer School Alpbach, Austria. July/August 1991, ESA, ESTEC; 2-16.

Lund, H.G. 1992. A primer on permanent plots for monitoring natural resources. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02.05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 1-10.

Lund, H.G. and Thomas, C.E. 1989. A primer on stand and forest inventory designs. Gen. Tech. Report WO-54. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture; Forest Service. 96 p.

Sader, S. and Abayomi, J. 1992. Working Group 3 - Existing permanent plot networks. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02.05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 236-237.

Stone, T.A. and Schlesinger, P. 1992. Using 1 km resolution satellite data to classify the vegetation of South America. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02.05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 84-94.

Townshend, J.R.G. (ed.) 1992. Improved global data for land applications, A proposal for a new high resolution data set. Global Change Report No. 20. Land Cover Working Group of IGBP-DIS. IGBP-ICSU, Stockholm.

USDA Forest Service 1989. Interim resource inventory glossary. U.S. Department of Agriculture; Forest Service. 96 p.

USDA Forest Service 1992. Timber permanent plot handbook. FSH 2409.13a. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture; Forest Service. Misc. Pagination.

Vanclay, J. 1992. Before you begin your inventory. ITTO Tropical Forest Management Update. 2(4):4-6.

Whitmore, T.C. 1989. Guidelines to avoid problems in permanent sample plots in tropical rainforests. Biotropica 21(3):282-283.

Zeide, B. 1980. Plot size optimization. Forest Science 26. pp 251-257.

## 4. DISEÑO DEL MUESTREO

El diseño del muestreo es de gran importancia para el inventario y monitorización forestales. Con el diseño del muestreo se intenta asegurar una eficiente recogida de datos tanto en términos de costes como de fiabilidad.

En el diseño se empieza por determinar las principales necesidades de información, dejándolo abierto a variables adicionales. Normalmente, el inventario y monitorización son respuestas a necesidades identificadas a nivel local. La técnica de agregación se aplica especialmente en el inventario y monitorización realizados a nivel mundial. Aquí, el punto clave es discutir el diseño del muestreo a nivel local y nacional que debe cumplir todos los requisitos de integración a nivel mundial.

La monitorización puede realizarse mediante dos métodos fundamentales: 1. Llevar a cabo estudios en diferentes fechas con muestras distintas y expresar el cambio como la diferencia de los resultados. 2. Usar los mismos lugares de muestreo en fechas diferentes y deducir el cambio a partir de las diferencias entre las variables de las unidades muestrales. A menudo también puede ser tenido en cuenta el muestreo con reemplazo parcial, aunque la aplicación de los más avanzados estimadores es difícil para los casos de inventarios de uso múltiple o sucesivos.

El método de medición periódica de lugares de muestreo ofrece las siguientes ventajas: es muy eficiente, sobre todo cuando se trata de medir cambios, y los errores del muestreo suelen tener la misma dirección, por lo que no interfieren demasiado la evaluación del cambio.

Aplicando el segundo método, la evaluación del cambio se realiza mediante parcelas, píxeles o superficies permanentes más grandes que se denominan unidades de monitorización. Por ejemplo, aquellas superficies para las que se proporcionarán imágenes de teledetección repetidas veces pueden ser consideradas como unidades de monitorización.

El número de diseños alternativos de muestreo y de sus correspondientes estimadores es amplio. Cuando se trata de un inventario o monitorización en una zona pequeña, un puro muestreo de campo, por ejemplo un muestreo sistemático en conglomerados, puede resultar eficaz. En el caso de inventarios de zonas más grandes, una metodología combinada de muestreo de campo y teledetección va a ser más atractiva. Aquellos lectores que deseen saber más acerca de los principios estadísticos pueden consultar a Cochran (1963) y Frayer (1979), entre otros.

### 4.1 Etapas en el diseño de la muestra

Una vez los requisitos de información son conocidos, hay que definir la población a muestrear. Esta tarea deberá llevarse a cabo teniendo en cuenta el tipo de unidad muestral. Si se usan parcelas como unidades muestrales, la población debe definirse como el conjunto de todas las posibles parcelas equidistantes. Si se usan rodales o tramos, la población está constituida por el conjunto de todos los tramos incluidos dentro de la zona de interés.

Desde un punto de vista teórico, en bosques naturales las parcelas son más recomendables como unidades muestrales que los tramos de rodales. Los límites entre tramos contiguos no se pueden definir con precisión y tienden a ser algo subjetivos. Por razones prácticas, sin embargo, las unidades de vegetación homogénea, tales como los tramos de rodales o biotopos, resultan a menudo más atractivas, de manera especial cuando los rodales u otras unidades homogéneas pueden ser diferenciados mediante teledetección, o cuando se dispone de un plano de rodales.

A continuación, hay que examinar la información existente que describe la población de muestreo. Imágenes de satélites tales como las NOAA, Landsat o Spot etc., fotografías aéreas, mapas de vegetación o de rodales para el manejo forestal, pueden proporcionar una base adecuada para la estratificación. Antiguos datos de campo pueden proporcionar alguna información imprecisa sobre la velocidad de cambio o variación forestal, que puede ser útil para el en el diseño del muestreo.

Por último, hay que decidir acerca del diseño del inventario y monitorización, teniendo en cuenta que debe ser realizado con un error de muestreo de tamaño aceptable. Piense en un conjunto de diseños factibles alternativos y escoja el óptimo desde el punto de vista de su economía. También hay que tomar en cuenta los errores no muestrales, en particular, el sesgo potencial que mediciones y modelos pueden conllevar.

## 4.2 Estratificación

La estratificación es una herramienta muy poderosa para mejorar la eficiencia del inventario y monitorización forestales que siempre debería ser tenida en cuenta. Mapas e imágenes de teledetección pueden ser de utilidad para llevar a cabo la estratificación. La idea básica es la de reunir dentro de un estrato homogéneo a aquellas superficies o unidades de muestreo que son semejantes respecto de la información de mapas y/o imágenes. La definición verdadera de los estratos se realiza normalmente mediante el uso de mediciones de campo. Cuanto menor es la variación dentro de un estrato, menor es el número de unidades de campo necesarias para obtener una determinada precisión en la estimación.

Las técnicas de estratificación pueden diferir de caso a caso. He aquí dos tipos de estratificación: la estratificación geográfica, es decir la estratificación de áreas, y la estratificación de unidades de muestreo dentro de sub-poblaciones.

La estratificación geográfica se realiza partiendo de mapas, pudiendo servir como material adicional los datos de teledetección. Un país o un estado, una zona ecoflorística, un área protegida o reservada o una región cerca de una carretera de acceso, por ejemplo, pueden ser tratados como estratos geográficos diferentes. La intensidad de muestreo necesaria para el inventario puede variar de un estrato geográfico a otro. Zonas montañosas que no tienen un buen acceso, por ejemplo, podrían considerarse de menos importancia y requerir una intensidad menor.

Cada sub-población puede ser inventariada con una intensidad y metodología apropiadas. Sin embargo, puede interesar calcular también resultados de inventarios para sub-poblaciones diferentes de los estratos geográficos iniciales. En este caso, los diseños de inventarios para los distintos estratos no deberán ser demasiado diferentes. Existe la posibilidad de lograr la necesaria flexibilidad mediante la ponderación de las mediciones de campo de una manera apropiada. La pre-estratificación según áreas geográficas no deberá limitar los cálculos de los resultados de inventarios para cualquier sub-población o la estratificación en posteriores sucesivos inventarios.

La eficiencia en la estimación de la dinámica y tendencias forestales se incrementa con el uso de parcelas permanentes y cuando se pre-estratifican las muestras de manera que la intensidad de muestreo sea superior en aquellos estratos o regiones que han sido considerados como los más interesantes e importantes. De nuevo, deberá mantenerse la flexibilidad para poder cambiar los estratos en posteriores inventarios, si ello se considerara deseable.

Para la estratificación dentro de sub-poblaciones, se precisa información complementaria, auxiliar o preliminar para cada unidad de muestreo. Luego, las unidades de muestreo se estratificarán dentro de estratos homogéneos mediante el uso de los datos auxiliares. Existen con frecuencia, pero no siempre, poderosas razones para hacer estratificaciones independientes en cada sub-población.

Un método de estratificación frecuentemente empleado es la delimitación de rodales o tramos homogéneos dentro del área a inventariar, estimando cada rodal o tramo en el campo mediante clasificaciones o mediciones visuales. En este caso, sin embargo, se asume que las parcelas de muestreo van a ser las unidades de diseño.

### 4.3 Muestreo multietápico y muestreo multifásico

Es muy fácil confundir los términos de muestreo multietápico y muestreo multifásico. En los inventarios forestales extensivos se pueden presentar elementos de ambos tipos de muestreo. El muestreo multietápico típico se caracteriza por el hecho de que las unidades de muestreo varían según la etapa, mientras que estas permanecen iguales durante todas las fases del muestreo multifásico. Puede haber grandes semejanzas en el uso de diferentes fuentes de datos. Las técnicas se ilustran mediante las siguientes fuentes de datos:

Material de etapa o fase	Unidad de muestreo	
	multietápico	multifásico
1. Imágenes de satélite	imágenes de satélite	grupo de parcelas de campo
2. Vuelo de fotos aéreas	imágenes de fotografías aérea	grupo de parcelas de campo
3. Medición en el campo	grupos de parcelas de campo	grupos de parcelas de campo

#### 4.3.1 Muestreo multietápico

Las técnicas del muestreo multietápico pueden ser empleadas de muchas maneras diferentes. Supongamos que se use la estratificación. Primero, las imágenes captadas por satélite se estratifican u ordenan según su importancia para el inventario. A continuación, se seleccionan algunas imágenes de satélite como muestras para su estudio más detallado mediante fotografías aéreas. Por último, se estratifican las fotos aéreas analizadas y se seleccionan algunas de ellas como muestras para la medición en el campo. Véase más abajo un esquema detallado de las distintas etapas:

### 1ª Etapa

- a) Dividir toda la zona en  $N_1$  imágenes de satélite.
- b) Adquirir todas las  $N_1$  imágenes de satélite o una muestra de  $n_1$  imágenes. Supongamos que se obtienen  $n_1$  imágenes de satélite y que se agrupan en estratos identificados con el índice  $h$  ( $\sum n_{1h} = n_1$ ).
- c) Dividir las  $n_1$  imágenes de satélite en  $N_2$  imágenes de fotografía aérea, es decir en unidades de segunda etapa.
- d) Estratificar las  $N_2$  imágenes de fotografía aérea en estratos mediante imágenes de satélite ( $\sum N_{2h} = N_2$ ).

### 2ª Etapa

- a) Extraer una sub-muestra de  $n_2$  imágenes de fotografía aérea de entre todas las  $N_2$  imágenes.
- b) Obtener las fotografías aéreas de las  $n_2$  imágenes de fotografía aérea.
- c) Dividir las  $n_2$  imágenes de fotografía aérea en  $N_3$  zonas potenciales para grupos de parcelas de campo.
- d) Estratificar las  $N_3$  zonas de grupos de parcelas de campo en estratos a partir de las interpretaciones de las fotos ( $\sum N_{3h} = N_3$ ).

### 3ª Etapa

- a) Extraer una sub-muestra de  $n_3$  zonas de entre todas las  $N_3$  zonas potenciales para grupos de parcelas de campo.
- b) Muestrear en el campo todas y cada una de las  $n_3$  zonas mediante un grupo de parcelas de campo (un muestreo sistemático es a menudo preferible).
- c) Medir todas las variables convenientes para los  $n_3$  grupos de parcelas.
- d) Calcular datos terrestres para cada uno de las  $N_3$  zonas de grupos de campo.

El peso de una medición de datos terrestres para una unidad  $U_{hij}$  (p.e. volumen  $m^3/ha$  o proporción de tierra forestal), cuando se hacen estimaciones de toda la población, es el valor del producto de las fracciones del muestreo:  $N_{1h}/n_{1h} * N_{2hi}/n_{2hi} * N_{3hij}/n_{3hij}$ .

#### 4.3.2 Muestreo multifásico

El muestreo de varias fases se diferencia del diseño arriba mencionado por el hecho de que las unidades de muestreo son las mismas en todos los niveles. En los libros de texto se describen normalmente dos técnicas de muestreo multifásico: muestreo de multifásico para regresión y muestreo multifásico para estratificación. La última, cuyas características principales se describen a continuación, se recomienda para inventarios forestales de uso múltiple. De acuerdo con la

terminología del esquema precedente, la unidad de muestreo es el grupo de parcelas de campo. El siguiente esquema proporciona la lista de fases y actividades:

#### 1ª Fase

- a) Dividir toda el territorio de la población o sub-población en unidades de igual tamaño de modo que cada una de ellas represente la zona donde se pueda establecer un grupo de parcelas de campo. El número de unidades, digamos  $N_1$ , puede ser muy elevado. Las unidades deberán ser definidas mediante mapas y sistemas de coordenadas.
- b) Obtener imágenes de satélite que incluyan a todas las  $N_1$  unidades o a una muestra de  $n_1$ . Supongamos que las imágenes de satélite cubren a  $n_1$  unidades, que son consideradas como muestras de la primera fase.
- c) Estratificar las  $n_1$  unidades en estratos homogéneos mediante imágenes de satélite, lo que da como resultado  $n_{1h}$  unidades en un estrato  $h$ .

#### 2ª Fase

- a) Extraer una sub-muestra  $n_2$  unidades de entre las  $n_1$  unidades, lo que tiene como resultado que, para el estrato  $h$  habrá  $n_{2h}$  unidades.
- b) Obtener fotos aéreas de la sub-muestra de  $n_2$  unidades. Por razones prácticas, la sub-muestra debería estar geográficamente concentrada en algún tipo de zonas con el fin de racionalizar la fotografía aérea, la interpretación fotográfica y, especialmente, las mediciones en el campo.
- c) Interpretación de las fotos aéreas correspondientes a las  $n_2$  unidades de la segunda fase, evaluando las variables que están en alta correlación con aquellas variables que se consideran importantes para la inventariación y monitorización forestales.
- d) Estratificar las  $n_2$  unidades a partir de la interpretación de las fotos aéreas, lo que da como resultado  $n_{2hi}$  unidades en un estrato  $hi$ .

#### 3ª Fase

- a) Extraer una muestra de un número factible,  $n_{3hi}$ , de todas las unidades de cada estrato establecido en la segunda fase para las mediciones en el campo. Con el fin de evitar los altos gastos de viaje, hay que prestar de nuevo atención a la concentración geográfica de las  $n_3$  unidades de campo.
- b) Medir todas las variables que se consideran importantes para la inventariación y monitorización forestales en el campo.
- c) A partir de los datos medidos en el campo, calcular el vector de las variables correspondientes al vuelo y a la cubierta territorial, para cada unidad de muestreo de campo.

En el apéndice 4 se presentan un desarrollo ilustrativo del muestreo trifásico y de la estimación correspondiente.

#### **4.4 Muestreo intencionado no probabilístico**

A veces, puede ser que no se puedan tomar datos de campo de una manera objetiva y que en su lugar solo sea posible hacer algunas mediciones en lugares no muy alejados de caminos o carreteras. No obstante, el hacer dichas mediciones y combinar sus resultados con datos cartográficos y/o de satélite será mejor que no hacer nada. En estas circunstancias, mediante el muestreo intencionado no probabilístico es posible obtener información de campo para cada estrato. Para este tipo de muestreo, pueden ser de utilidad aquellas parcelas medidas con otros fines, tales como las parcelas de investigación de crecimiento y producción.

Un método frecuentemente usado para hacer clasificación forestal a partir de imágenes de satélite es el método denominado de clasificación supervisada. En él, se seleccionan zonas específicas de referencia que presentan diferentes características en las imágenes. Cada zona de referencia es definida en el campo como miembro de una clase de modo que se presupone que las zonas que pertenecen a una clase específica tienen similares características espectrales y por tanto son similares en las imágenes de satélite. A continuación, aplicando un algoritmo específico, por ejemplo el de la máxima probabilidad, todos los píxeles de las imágenes son asignados a la clase de zona de referencia más probable, para un margen de probabilidad determinado. Aquellos píxeles que no pueden asignarse a ninguna clase específica son considerados como "no clasificados".

La localización de las zonas de referencia en una clasificación supervisada no siempre cumple con los requisitos estadísticos, por lo que el método puede ser calificado como intencionado no estadístico. Sin embargo, este método puede ser recomendable si hay solo pocas clases en las que la superficie total de estudio puede ser dividida, o si hay que hacer un mapa de una clase especial, por ejemplo, la clase de bosques dañados o alterados..

#### **4.5 Aspectos generales**

En principio, cuando se trata de diseñar un inventario y ordenación forestales deben tenerse en cuenta de forma prioritaria los métodos que tienen mejor fundamento estadístico. El muestreo sistemático es más práctico y eficaz que el muestreo aleatorio y, por tanto, es el más recomendable. El muestreo a base de modelos tiene cada vez más importancia pero todavía no alcanza una difusión amplia.

Toda la información dentro de una zona de inventario o monitorización debería estar estructurada dentro de un sistema de coordenadas espaciales y temporales. Esto implica que, teóricamente, toda la información debe cumplir los requerimientos de coordenadas y fechas que caracterizan a una parcela permanente. Hay que hacer énfasis en la importancia de la precisión en la ubicación de toda información.

Normalmente, las parcelas medidas en el campo desempeñan un papel esencial. Debe hacerse un gran esfuerzo para obtener una buena representación de la población entera mediante parcelas de campo bien distribuidas geográficamente, tanto en lo que se refiere a toda la zona de estudio, como dentro de cada estrato geográfico concreto.

Las parcelas permanentes de campo son fundamentales para la monitorización de cambios, es decir, para el inventario de la dinámica forestal. Para obtener una ubicación precisa de las parcelas permanentes se debe tomar en consideración la utilización de los sistemas de posicionamiento



global. Para la monitorización de crecimiento y extracción de árboles es importante elaborar planos de árboles en los que, midiendo su posición y distancia al punto central, los árboles queden localizados mediante coordenadas polares. Las parcelas permanentes también pueden proporcionar datos útiles para estudios de crecimiento y producción además de servir para el inventario y monitorización de los recursos forestales.

El resultado final del inventario y monitorización depende en gran parte del número, tamaño y distribución geográfica de las parcelas de campo, de la forma de los estratos, así como del tipo y de la calidad de las mediciones realizadas en el campo. Siempre es importante controlar la calidad de los datos. Por todo ello, los equipos de campo deben de estar bien entrenados, y la calidad de las mediciones debe ser verificada objetivamente.

Cuando se inicia el desarrollo de un programa nuevo, el diseño del muestreo deber ser sencillo, especialmente en sus etapas iniciales. Así será posible lograr resultados rápidos y claros. Una vez que la pericia, el interés, el apoyo y la financiación sean mayores, deberán desarrollarse sistemas más sofisticados y eficaces. Esto conduce a explorar el uso de teledetección y de una estructura de parcelas que responda a la tecnología apropiada.

Cuando no se dispone ni de estratificación ni de teledetección, es más sensato emplear alguna forma de muestreo sistemático. En tal caso, la distribución geográfica de las parcelas de campo deberá ser lo más regular posible. Pero al mismo tiempo, hay que prestar atención a que los gastos medios de traslado desde una parcela a otra no crezcan demasiado, lo que contradictoriamente se evita estableciendo conglomerados de parcelas.

Generalmente, las estimaciones que se basan en datos obtenidos mediante métodos estrictamente científicos resultan ser los más creíbles y fiables para aquellas personas que utilizan datos de inventario y monitorización. Es mejor tener pocas parcelas fiables que tener muchas parcelas poco fiables. Los datos serán empleados por científicos que entienden lo que significa la precisión estadística y que utilizan estimaciones de precisión para interpretar la fiabilidad de sus resultados científicos. Estimaciones de precisión estadística pueden ser usadas para analizar políticas alternativas.

### **Literatura recomendada**

- Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques. John Wiley & Sons, Inc. New York, London. 413 p.
- Frayser, W.E. 1979. Multi-level sampling designs for resource inventories. Colorado State University, Dept. of Forest and Wood Sciences and USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 113 p.
- Gertner, G. and Köhl, M. 1992. An assessment of some nonsampling errors in national survey using an error budget. *For. Sci.* 38(3): 525-538.
- Köhl, M. 1992. Proposed Sampling Design of the Second Swiss NFI. in: Wood, Turner (eds.): Integrating forest information over space and time, IUFRO Conference 13-17 January. 1992. Camberra, Australia, p. 308-313.
- Poso, S. and Kujala, M. 1978. A method for national forest inventory in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93 (1). 54 p.
- Scott, C.T. and Köhl, M. 1993. A method for comparing design alternatives for extensive inventories. *Mitteilung der Eidgen. Forschungsanst. Wald, Schnee, Landsch.* Band 68, Heft 1, 68 p.

## 5. ESTABLECIMIENTO DE UNA INFRAESTRUCTURA

### 5.1 El marco

Una base mundial de datos debe fundamentarse sobre un marco nacional susceptible de agregarse a escala mundial. Hoy día, las partes más importantes de este marco ya existen en muchas regiones del mundo tanto en las naciones en vías de desarrollo como en las más desarrolladas. Las Organizaciones Internacionales pueden ayudar a la monitorización de regiones que no disponen a nivel nacional del suficiente apoyo para llevar a cabo una buena monitorización. Con el fin de mejorar el marco nacional de la monitorización de los recursos forestales, los esfuerzos internacionales de monitorización deben encaminarse hacia el apoyo y ayuda a la formación de las capacidades propias de los distintos países.

Las naciones, organizaciones y científicos participantes deberán:

1. Estimular y aconsejar a las agencias donantes en su apoyo a los países en vías de desarrollo.
2. Estimular el apoyo de gobiernos e instituciones nacionales.
3. Estimular la coordinación y normalización en la investigación forestal con teledetección.
4. Poner de manifiesto la necesidad de una mejor comunicación y coordinación entre científicos, naciones y organizaciones así como entre las propias agencias donantes.
5. Manifestar la importancia de los datos forestales que ya existen hoy día y proponer que una organización internacional establezca un banco de datos que facilite su búsqueda y recuperación (véase, por ejemplo, el apéndice 5).
6. Estimular el desarrollo de nuevos apoyos económicos para la investigación forestal.

### 5.2 La organización

Tanto la FAO como la UNEP son las organizaciones lógicas que podrían hacerse cargo de la coordinación y realización de actividades de monitorización de recursos a nivel mundial. Estas organizaciones tienen ya encomendadas estas tareas, pero es necesario reforzar sus capacidades. Las organizaciones internacionales deberían comunicarse y coordinarse con sus naciones afiliadas, así como con otras organizaciones implicadas en evaluaciones regionales y mundiales.

Cada país debe tener igual acceso a los nuevos datos y tecnologías. La capacitación es una necesidad sobre todo en los países en vías de desarrollo. Debe hacerse un esfuerzo especial para lograr establecer un flujo de información en ambas direcciones: desde las organizaciones internacionales hacia países miembros, científicos y responsables de la toma de decisiones, y al revés. Para que este flujo de datos pueda funcionar, hay que reforzar los bancos de datos donde se reúnen datos forestales de escala mundial, regional y nacional, así como crear otros bancos nuevos.

### 5.3 El plan de monitorización

Los que quieran llevar a cabo una actividad de monitorización deberán desarrollar un plan de monitorización que incluya la estrategia para su realización. Este plan debe abarcar los siguientes elementos:

1. *Autoridad* - Mandatos legales o estatutos bajo los cuales la organización llevará a cabo el programa de monitorización.
2. *Política* - Líneas directrices generales para la organización que realiza la monitorización.
3. *Metas* - Desarrollo de metas mediante una evaluación de los requisitos de información (véase el capítulo 2).
4. *Responsabilidades e Infraestructura* - Declaración de quién va a hacer qué, cuándo y en qué orden.
5. *Definiciones de términos, referencias y fuentes de información* - Desarrollo de las normas comunes para el acopio de datos así como para la agregación de resultados que puedan ser comparables.
6. *Diseño de muestreo* - Descripción de la intensidad del muestreo, diseño y configuración de la parcela mas apropiados para alcanzar las metas de la monitorización.
7. *Variables a Medir u Observar*-Inclusión de normas, definiciones y codificaciones (véase apéndice 1).
8. *Instrucciones de campo* - Descripción de los procedimientos para referenciar, amojonar y mantener las parcelas, técnicas de medición, procedimientos para registrar los datos, rellenar formularios de campo, realizar mediciones de control de calidad y programar el establecimiento de parcelas y las mediciones sucesivas (véase apéndice 1).
9. *Procedimientos de edición y análisis de datos* - Descripción del modo en que van a usarse los datos para lograr las metas de su estudio, de los métodos estadísticos a aplicar y de los procedimientos a seguir en la elaboración de informes.
10. *Plan para la presentación de los resultados* - Incluye informes impresos de la investigación, mapas, información en formato digital, etc. abarcando la evaluación de la precisión de los resultados presentados.
11. *Exigencias presupuestarias y fuentes de financiación* para el establecimiento y las sucesivas mediciones.
12. *Aprobación y Firma del Plan* - Una copia del plan aprobado debe ser enviada a la organización coordinadora.

Es conveniente recordar a las organizaciones nacionales e internacionales que la monitorización de los recursos forestales requiere apoyos financieros e institucionales. Para tal fin, se puede contactar con algunas agencias cuyas direcciones aparecen en la guía de becas llamada "Guide to Grants and Fellowships" editada por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA Forest Service).

A nivel local, el apoyo público y la publicidad de la actividad de monitorización facilitan su realización. Será también necesario asociarse o aliarse con organizaciones interesadas y grupos ambientalistas. Tratar de alcanzar un consenso y asociarse con promotores y cooperadores potenciales que tengan las mismas necesidades de información puede hacer ahorrar recursos y esfuerzos.

No hay que olvidarse de la información dirigida al gran público. Las presentaciones pueden incluir fotos sencillas pero llamativas, cintas de videos o literatura popular. Es posible establecer proyectos pilotos como medio de demostración. Un proyecto piloto típico puede venderse más

fácilmente a una agencia patrocinadora. Cabe también tener en consideración la posibilidad de establecer bibliotecas verdes o vivas de árboles dentro de las parcelas como método de enseñanza para al público.

### ***Literatura recomendada***

- Iverson, L. and Westinga, E. 1992. Working Group 5 - Data management and reporting. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 241-243.
- Shin, C.K. and Stone, T.A. 1992. Working Group 4 - Infrastructure and organizational support. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 238-240.
- Singh, K.D. 1992. Resource potential: policies for scaling up to global significance. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 119-124.
- USDA Forest Service 1991. A Guide to Grants and Fellowships. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: Forest Service. 63 p. and Funder's Addresses compiled by the Special Programme for Developing Countries of the IUFRO SPDC. April 1991. 15 p.

## 6. REFERENCIA GENERAL

- Ciolkosz, A. and Zawila-Niedzwiecki, T. 1990. Remotely sensed data and limitation of forest productivity in Poland. *Nature and Resources*, Vol.26, No 1: 41-44.
- Czaplewski, R. and Vanclay, J. 1992: Working Group 2 - Sampling designs. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. *IUFRO S 4.02-05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring*. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 234-235.
- De Roover, B., Zawila-Niedzwiecki, T., Mierzwinski, G., Goossens, R. and Ciolkosz, A. 1993. The use of integrated ground and remotely sensed data for forest monitoring of the Sudety Mountains. *Proceedings of Ilvessalo-symposium on National Forest Inventories*. Finland, August 17-21, 1992. The Finnish Forest Research Institute, Research reports No 444. pp 239-245.
- IUFRO 1959. *The Standardization of symbols in forest mensuration*. University of Maine. 32 p.
- Iverson, L. and Westinga, E. 1992. Working Group 5 - Data management and reporting. In: Lund, H.G., Päivinen, R. and Thammincha, S. chief eds. *IUFRO S 4.02.05 Proceedings, Remote Sensing and Permanent Sample Plot Techniques for World Forest Monitoring*. 13-17 January 1992; Pattaya, Thailand. Bangkok, Thailand; Asorn Siam; 241-243.
- Jaakkola, S., Poso, S. and Skråmo, G. 1988. Satellite remote sensing for forest inventory - Experiences in the Nordic Countries. *Scand. J.For. Res.* 3: 545-567.
- Kalensky, Z.D., Reichert, P.G. and Singh, K.D. 1991. Forest mapping and monitoring in developing countries based on remote sensing. *Fernerkundung in der Forstwirtschaft* Herbert Wichmann Verlag GmbH Karlsruhe; 230-257.
- Köhl, M. 1991. Vierphasige Stichprobeninventur zur Holzvorratsschätzung: Ergebnisse einer Pilotinventur in Indien. *Fernerkundung in der Forstwirtschaft*. Herbert Wichmann Verlag GmbH Karlsruhe. pp 170-187.
- Köhl, M. 1993. Forest Inventory. in: *Tropical Forestry Handbook*, Springer Verlag. pp 243-332.
- LaBau, V.J. and Winterberger, K.C. 1988. Use of a four-phase sampling design in Alaska multiresource vegetation inventories. *Proc. of the IUFRO S4.02.05*. Department of forest mensuration and management, University of Helsinki. Research notes 21: 89-102.
- Lund, H.G., Jasumback, T., Allison, R. and Falconer, A. 1991. Taking back the desert. *GPS World*, June 1991. 7 p.
- Nyysönen, A. (Ed.) 1993. *Proceedings of FAO/ECE Meeting of Experts on Global Forest Resource Assessment*. Kotka II. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 469. Helsinki 1993. 214p.

- Poso, S. 1988. Seeking for an optimal path for using satellite imageries for forest inventory and monitoring. Proc. of the IUFRO S4.02.05. Department of forest mensuration and management, University of Helsinki. Research notes 21:181-192.
- Poso, S. and Lund, H.G. 1992. Remote sensing and information systems technology - Tools and challenges. Interdivisional and divisional sessions of division 6 and 4. IUFRO Centennial. Berlin - Eberswalde Singh, K.D. and Poso, S. 1989. Methodological requirements for global forest inventory and monitoring. Proc.Global Natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21st Century.Vol.2: 609-617.
- Prince, S.D., Justice, C.O. and Los, S.O. 1990. Remote Sensing of the Sahelian Environment. A review of the current status and future prospects. Commission of the European Communities. Directorate General VIII, Joint Research Centre, Ispra Establishment. 128 p.
- Singh, K.D. 1989. The conceptual framework of FAO resource assessment 1990 (within the framework of Tropical Forest Action Plan). Proc.Global Natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21st Century.Vol.2: 517-523.
- USDA Forest Service 1991. A Guide to Grants and Fellowships. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: Forest Service. 63 p. and Funder's Addresses compiled by the Special Programme for Developing Countries of the IUFRO SPDC. April 1991. 15 p.
- White, F. 1983. The Vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Unesco. Natural Resources Research XX. 356 p.

# **APÉNDICES**

## APENDICE 1 - NORMAS Y DEFINICIONES

Cuando tome datos sobre recursos forestales, utilice las siguientes definiciones y normas con el fin de asegurar que puedan ser usados a nivel internacional.

### ***Términos generales***

**Bosque** - Terreno en el que al menos un 10 % de su superficie en los Trópicos y un 20 % en zonas templadas y boreales, está o ha estado anteriormente cubierto por el vuelo de árboles que se regeneran de forma artificial o natural, incluyendo también aquel terreno que está siendo forestado.

**Arbol** - Planta leñosa perenne que, generalmente, presenta en su madurez un tallo principal capaz de alcanzar una altura superior a los 7 metros.

**Monitorización [Monitoreo (Lat. Am.)]** - Medición u observación periódica de determinados parámetros físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de establecer sus valores base, así como detectar y cuantificar cambios en el tiempo.

**Parcela** - Lugar conocido de la superficie terrestre con límites o punto de origen definidos.

**Parcela permanente** - Parcela establecida, amojonada y documentada de tal forma que se pueda repetir más tarde la medición de su superficie exacta o de los mismos objetos que permanecen en ella (Lund y Thomas 1989), y para la cual existe la intención y el plan de repetir dichas mediciones.

### ***Situación de la parcela***

**Coordenadas del lugar** - A escala mundial se recomiendan el sistema de coordenadas geográficas (latitud, longitud) o el sistema U.T.M. (Universal Transverse Mercator). Cuando se usen sistemas de coordenadas nacionales, es preciso presentar las fórmulas de conversión a los sistemas mundiales.

**Altitud** - Altitud expresada en metros sobre el nivel medio del mar a la que se encuentra el centro de la parcela.

**Pendiente** - Pendiente dentro de la parcela u otra superficie terrestre expresada en grados o en tanto por ciento (45 grados = 100 %).

**Orientación [Exposición (Lat. Am.)]** - Dirección hacia la cual se orienta la línea de máxima pendiente del terreno. Se expresará mediante el grado más próximo.

**Posición relativa del terreno** - Altitud de la parcela comparada con la de la zona - se calificará como más alta, más baja o media cuando se sitúe en la cima, el fondo o la mitad de la ladera, respectivamente.



### **Clasificación de la zona**

Radio para clasificar la zona - Distancia expresada en metros que delimita la zona que rodea la parcela en la que se presentan las mismas características generales que caracterizan la parcela.

Clase de uso territorial [del suelo o la tierra (Lat. Am.)] - Propósito prioritario para el que sirve una zona, tales como agrícola, forestal, pastizal, humedal, urbano, corredor de transporte y servicios (véase apéndice 2).

Clase de cubierta territorial [del suelo o de la tierra (Lat. Am.)] - Aquello con lo que actualmente está cubierto el suelo, especialmente vegetación, capas de hielo o nieve perpetuas, superficies de agua o edificios. Terreno raso es considerado también como una forma de "cubierta territorial" aunque, técnicamente, se trate de terreno sin cubierta. El término cubierta territorial está pensado para aquellos casos en los que se presentan una o más formas de uso territorial o actividades (véase apéndice 2).

Espesura de copas [Grado de cierre de las copas (Lat. Am.)] - Porcentaje de suelo cubierto por la proyección vertical del perímetro externo de las copas de las plantas de la parcela.

Historia del rodal - 1. Tipo de alteración ocurrida antes del establecimiento de la parcela en el lugar de la muestra. Use informes anteriores o determínelo visualmente en la parcela. 2. Número de años que han pasado desde que tuvo lugar la alteración más reciente.

### **Datos de los árboles/plantas**

Especies vegetales - Subdivisión taxonómica principal del género o subgénero de cada una de las plantas descritas o medidas. Su determinación requiere experiencia, el uso de una clave o la colaboración de un botánico.

Diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) - Normalmente se refiere al diámetro del tronco del árbol con corteza a una altura sobre el suelo de 1,30 m (4 pies y 6 pulgadas para EEUU). En pendiente, el nivel sobre el suelo se mide situándose en la parte superior de la ladera respecto del árbol. A veces se usa la circunferencia con corteza correspondiente a la altura del pecho (c.a.p.).

Altura del árbol - Distancia total entre el nivel del suelo y el ápice del árbol.

Edad - Edad total de un árbol.

Crecimiento - Diferencia entre los valores de una variable al final y al principio del período de medición.

### **Datos del fuste**

Dimensión del tronco [Tamaño del rollizo (Lat. Am.)] - diámetro (en la mayoría de los casos el diámetro superior del tronco) y longitud de la porción maderable de un árbol.

Calidad de la madera - Clase de calidad de la madera.

**Datos de la copa**

Diámetro de la copa - Envergadura de la copa de un árbol o arbusto, medida por medio del diámetro de la proyección vertical del perímetro exterior de la copa en una dirección dada.

Altura [Largo (Lat. Am.)] de la copa - Distancia vertical entre el ápice del árbol y la base de la copa medida por el verticilo mas bajo de ramas vivas que presenta continuidad con la copa principal.

Area foliar - Area total de las superficies de las hojas.

Defoliación - Índice visual del follaje existente comparado con el de un árbol normal y sano que crece bajo las mismas condiciones. Se mide como porcentaje del follaje 'normal'.

Bioindicadores - Característica medioambiental que, una vez medida, permite cuantificar la magnitud de un tipo de estrés, las características del hábitat, el grado de exposición al agente causante de estrés, o el nivel de la respuesta ecológica a dicha exposición (Hunsaker y Carpenter 1990). La presencia de ciertos líquenes, por ejemplo, puede servir como bioindicador.

Daños - Evidencia de daños mecánicos o biológicos causados a un árbol o una planta, tales como plagas, enfermedades, incendios o viento.

Dendrocronología - Relación entre los anillos del árbol y las condiciones de crecimiento en que se formaron.

Vegetación del sotobosque - Descripción de la vegetación situada por debajo de una altura determinada, por ejemplo, el 50 % de la altura dominante de los árboles.

Química foliar - Contenido de elementos químicos importantes como K, Ca, N, Mg, SO<sub>3</sub>, etc.

Indicadores edáficos - incluyendo nutrientes, textura del suelo, compactación, composición química, etc.

## APENDICE 2 - CLASIFICACION DE CUBIERTA/USO TERRITORIAL SEGUN LA FAO.

Noviembre de 1993

**Nota:** UNEP y FAO están en vías de revisar los esquemas de clasificación de cubierta y usos territoriales para la monitorización global. El sistema de clasificación usada en la actualidad por FAO es descrito a continuación. Si se desea utilizar el sistema más nuevo será recomendable contactar antes con UNEP o FAO.

### **Clases de cubierta/usos territoriales**

**A. Zonas tropicales.** Hay dos categorías territoriales principales: Bosque (vuelo > 10 %) y no bosque. Estas categorías se subdividen del siguiente modo:

#### **Bosque**

**1. Bosques cerrados:** Formaciones vegetales en las que los árboles se encuentran estratificados en uno o varios pisos con copas entrecruzadas que, junto con el sotobosque, cubren una alta proporción (> 70 %) del suelo y, por consiguiente, no permiten un estrato herbáceo continuo y denso a nivel del suelo. Pueden ser bosques ordenados o no, bosques primarios o en avanzado estado de sucesión. Pueden haber sido cortados una o varias veces, habiéndose modificado su estructura y/o composición, pero manteniendo su carácter de masa forestal.

Asimismo, los bosques cerrados, de acuerdo con las especies dominantes, se dividen en tres tipos:

**1.1** Bosques de frondosas [*latifolidades* (Lat. Am.)]

**1.2** Bosques de coníferas

**1.3** Formaciones de bambúes/palmeras

**2. Bosques abiertos:** Formaciones vegetales en las que se encuentran árboles de copas discontinuas y no entrecruzadas, pero con una cubierta mínima del 10 %. Generalmente, presentan un estrato herbáceo continuo que permite el pastoreo y la propagación de incendios. Existe varios ejemplos, desde el 'cerrado' y 'chaco' en América Latina y las sabanas arboladas y boscosas en Africa hasta los bosques secos de dipterocarpos y los 'forêts claires' en Asia.

Los bosques abiertos se subdividen en

**2.1** Bosques de frondosas [*latifoliadas* (Lat. Am.)] y

**2.2** Bosques de coníferas

Los criterios para una subdivisión ulterior de los bosques tropicales son: origen del bosque (natural/plantación), función del bosque (conservación/protección/producción), propiedad (tenencia) del terreno forestal (pública/particular), estado legal de la tierra forestal (constituido por ley/otro tipo de tierra forestal).

Los **territorios sin bosque** abarcan las siguientes clases de uso:

### 1. Territorios con formaciones leñosas

- 1.1 El término de barbecho forestal se utiliza para describir la vegetación leñosa presente después de la corta a hecho [*tala rasa* (L. Am.)] del bosque natural realizada para llevar a cabo prácticas de agricultura rotativa. Se trata de una clase intermedia entre las clases de uso forestal y no forestal en la que se presenta una estructura de mosaico de varias fases de sucesión y que incluye pedazos de bosque cerrados, así como campos agrícolas.
- 1.2 Matorral es el tipo de vegetación en el que los elementos leñosos dominantes son plantas con una altura de 0,5-5 metros cuando la planta es madura.

### 2. Otros usos del territorio

- 2.1 Tierra cultivable es el uso de aquellos terrenos de cultivos temporales, prados temporales, tanto de siega como de diente (pastoreo), grandes huertos y huertos familiares, así como terrenos temporalmente en barbecho o incultos.
- 2.2 Tierras de cultivo permanente son aquellas que están ocupadas por cultivos durante un largo período de tiempo y que no tienen que ser replantadas después de cada cosecha.
- 2.3 Prados permanentes o pastizales de uso continuado (durante 5 años o más) son aquellos que presentan una composición de plantas herbáceas forrajeras, tanto cultivadas como silvestres.

**B. Zonas templada y boreal.** En estas zonas, la definición de bosque es la dada por UNECE/FAO: "Territorio que mantiene una cubierta arbórea mayor del 20% del suelo. Bosque continuo con árboles que alcanzan una altura superior a los siete metros y son capaces de producir madera. Esto incluye tanto las formaciones forestales cerradas, donde los árboles de varios estratos y el sotobosque cubren una elevada porción del suelo, como las formaciones forestales con un estrato herbáceo continuo en las que la sinusia arbórea cubre al menos el 10 % del suelo".

### APENDICE 3 - CARACTERISTICAS DE TELEDETECCION [PERCEPCION REMOTA (Lat. Am.)]

Las tablas siguientes resumen de las capacidades y usos de la teledetección según Prince et. al (1990) y otras fuentes.

**Tabla 1.-** Características de la teledetección (Prince et. al. 1990)

Satélite	Fecha de Lanzamiento	Fecha Final Operativo	Hora local	Repetición de órbita	Altitud (km)	Inclinación (°)	Anchura de Barrido
Landsat 1	23-07-72	16-1-78	8:50	18 días	900	99	185 km
Landsat 2	22-01-75	25-02-82	9:08	18 días	900	99	185 km
Landsat 3	05-03-78	31-3-83	9:31	18 días	900	99	185 km
Landsat 4	16-07-82		9:45	16 días	705	98,2	185 km
Landsat 5	01-03-84		9:45	16 días	705	98,2	185 km
SPOT 1	21-02-86		10:30	26 días	832	98,7	117 km
SPOT 2	21-01-90		10:30	26 días	832	98,7	117 km
NOAA 7	23-06-81	07-06-86		9 días	833	98,9	2700 km
NOAA 9	12-12-84	operac'l					2700 km
NOAA 11	24-09-88	operac'l					2700 km
NOAA 6	27-06-79	02-04-87					2700 km
NOAA 8	28-03-83	01-01-86					2700 km
NOAA 10	17-09-86	operac'l		18 días			2700 km
Seasat	06-78	01-10-78		17 días	908,7		
MOS-1 MESSR	06-86		10:30			99,1	100 km
MOS-1 VTIR							1500 km
MOS-1 MSR							317 km
Meteosat 1	23-11-77	84	(a)				
Meteosat 2	19-06-81	88					
Meteosat 3	19-06-88	(b)					
Meteosat 4	06-03-89	operac'l		na	158		
DMSP F8	19-06-87	operac'l		na	152/172	98,7	833 km
MOMS STS-7	18-06-83	18-07-83	na	6 días	780	28,5	138 km(c)
MOMS STS-11	03-02-84	03-06-84	na			28,5	138 km(c)
NIMBUS-7	24-10-78	08-87	mediodía			99,28	

(a) geostacionario, (b) a la espera, (c) a una altitud de 300 km

Tabla 2.- Descripción de los sensores de satélite

Satélite	Sensores	Misión	Bandas	Espectro $\lambda$ ( $\nu$ )	Resolución (m)	Bits	
Landsat	RBV	1,2	1	0,275-0,575	80		
			2	0,580-0,680	80		
			3	0,698-0,830	80		
	MSS	3 1-5			0,505-0,750	30	
			1(4)	0,5-0,6 $\mu\text{m}$	79/82	128	
			2(5)	0,6-0,7 $\mu\text{m}$	79/82	128	
			3(6)	0,7-0,8 $\mu\text{m}$	79/82	128	
	TM	3 4,5		4(7)	0,8-1,1 $\mu\text{m}$	79/82	128 (a)
				5	10,4-12,6 $\mu\text{m}$	240	128
				1	0,45-0,52 $\mu\text{m}$	30	256
				2	0,52-0,60 $\mu\text{m}$	30	256
				3	0,63-0,69 $\mu\text{m}$	30	256
				4	0,76-0,90 $\mu\text{m}$	30	256
SPOT	HRV (XS)	1,2		5	1,55-1,75 $\mu\text{m}$	30	256
				6	10,40-12,5 $\mu\text{m}$	120	256
				7	2,08-2,35 $\mu\text{m}$	30	256
NOAA	HRV (P) (b)			1	0,50-0,59 $\mu\text{m}$	20	256
				2	0,61-0,68 $\mu\text{m}$	20	256
				3	0,79-0,89 $\mu\text{m}$	20	256
	AVHRR (1)	6,8,10 (A,E,G)			0,51-0,73 $\mu\text{m}$	10	256
				1	0,58-0,68 $\mu\text{m}$	1,1/4 km	1024
				2	0,72-1,10 $\mu\text{m}$	1,1/4 km	1024
				3	3,55-3,93 $\mu\text{m}$		1024
				4	10,5-11,5 $\mu\text{m}$		1024
AVHRR (2)	7,9,11 (C,F,H)		5	10,5-11,5 $\mu\text{m}$		1024	
			1	0,58-0,68 $\mu\text{m}$	1,1/4 km	1024	
			2	0,72-1,10 $\mu\text{m}$	1,1/4 km	1024	
			3	3,55-3,93 $\mu\text{m}$		1024	
			4	10,5-11,5 $\mu\text{m}$		1024	
			5	11,5-12,5 $\mu\text{m}$		1024	

(a) 64 en Landsat 1 y 2 MSS banda 4(7).

(b) (XS) modo multispectral, (P) modo pancromático.

(La tabla continúa en la página siguiente.)

Tabla 2.b - Continuación de la descripción de los sensores de satélite

Satélite	Sensores	Misión	Bandas	Espectro $\lambda(v)$	Resolución (m)	Bits
MOS	MESSR	1	1	0,51-0,59 $\mu\text{m}$	50	64
			2	0,61-0,69 $\mu\text{m}$	50	64
			3	0,72-0,80 $\mu\text{m}$	50	64
			4	0,80-1,10 $\mu\text{m}$	50	64
	VTIR		1	0,5-0,7 $\mu\text{m}$	0,9 km	256
			2	6,0-7,0 $\mu\text{m}$	2,7 km	256
			3	10,5-11,5 $\mu\text{m}$	2,7 km	256
			4	11,5-12,5 $\mu\text{m}$	2,7 km	256
	MSR		horiz.	23,8 GHz	32 km	1024
			vertical	31,4 GHz	23 km	1024
Meteosat	VIS	1,5		0,5-0,9	2,5 km	256
	IR			10,5-12,5	5 km	256
	WV (c)			5,7-7,1 m	5 km	
Nimbus/Sea	SMMR	7/A	h ó v	6,6 GHz	151/97 km (d)	256
			h ó v	10,7 GHz	91/59 km	256
			h ó v	18 GHz	55/41 km	256
			h ó v	21 GHz	46/30 km	256
			h y v	37 GHz	27/18 km	256
					h/v/h/v (e)	
DMSP	SSM/I		hor/vert	19,35 GHz	69/43/69/43	
			vert	22,23 GHz	/-/50/-/40	
			hor/vert	37,0 GHz	37/29/37/28	
			hor/vert	85,5 GHz	15/13/15/13	
Seasat	SAR		banda L	23,5 cm	25 m	
Space Shuttle	SIR - A		banda L	1,28 GHz	38 m	
	SIR - B		banda L	1,28 GHz	58-17 m	
	MOMS	STS7/ STS-11	1 2	0,575-0,625 0,825-0,975	20 m 20 m	

- (c) La banda de vapor de agua no puede ser operativa de forma simultánea con las otras dos bandas.
- (d) 151/97 = Resolución para el eje mayor y/o menor de polarización, respectivamente.
- (e) 69/43/69/43 = Resolución (en km) para pista longitudinal horizontal/pista longitudinal vertical/pista transversal horizontal/pista transversal vertical, respectivamente.

**Tabla 3.-** Características, costes básicos y exigencias de interpretación de las fuentes de datos de teledetección [*percepción remota* (Lat. Am.)] aerotransportadas de uso común. Los productos presentados tienen los formatos típicos de datos que se han utilizado en la creación de las bases de datos de SIG.

Fuentes de datos	NAPP 1:40000	Fotografía de recursos		VIDEO
		1:24000	1:12000	
Características				
Resolución espacial	NA	NA	NA	NA
Amplitud espectral	0,4-0,9	0,4-0,9	0,4-0,9	0,4-0,9
Tipo de posibles composiciones	color/BW color-IR	color/BW color-IR	color/BW color-IR	color color-IR
Superficie de cobertura (por imagen/foto)	9,1 km X 9,1 km	5,5 km X 5,5 km	2,6 km X 2,6 km	variable
Disponible en forma digital (sin procesamiento adicional)	NO	NO	NO	NO
Coste de la imagen en formato digital	NA	NA	NA	NA
Coste del cuadrante de 7.5' en digital o número de fotos	10 fotos	20 fotos	71 fotos	NA
Coste de copia impresa de imagen/foto	\$ 8,00	\$ 4,00 - 8,00 (Color/IR)	\$ 4,00 - 8,00 (Color/IR)	NA
Frecuencia de cobertura	5 años	variable	variable	variable
Hardware típico para interpretación	estereoscopio & mesa ligera	estereoscopio & mesa ligera	estereoscopio & mesa ligera	VCR & software, hardware de computadora
Necesidad de digitalización	SI	SI	SI	NO



## APENDICE 4 - DESARROLLO ILUSTRATIVO DEL MUESTREO TRIFASICO Y SU ESTIMACION

### Notación:

$U_{hij}$ =	Unidad muestral j de la fase tercera medida en el campo y perteneciente al estrato $h_i$ .
$y_{hij}$ =	Vector de variables del rodal para $U_{hij}$ basado en mediciones de campo.
$w_{hi}$ =	Proporción superficial del estrato $h_i$ .
$n_1$ =	Número de unidades muestrales de la primera fase.
$n_{3hi}$ =	Número de unidades muestrales de la tercera fase que pertenecen a un estrato específico $h_i$ .
$U_{hr}$ =	Unidad muestral cualquiera de la primera fase perteneciente al estrato $h$ .
$y_{hr}$ =	Estimación de variables de rodal para $U_{hr}$ .

La estimación  $y_{hr}$  puede obtenerse a partir de las mediciones en el campo  $y_{hij}$  que pertenecen al estrato  $h$ . El peso,  $p_{hij}$ , de una unidad muestral de la tercera fase  $U_{hij}$  es  $w_{hi}/\sum w_{hi}/n_{3hi}$ .

El algoritmo anterior es flexible para el cálculo de estimaciones de cualquier sub-población dada. Las estimaciones pueden calcularse con independencia de que haya unidades de tercera o segunda fase entre las unidades de primera fase incluidas en la sub-población.

Cada vector de variables de rodal medidas en el campo,  $y_{hij}$ , se pondera mediante sus pesos,  $p_{hij}$ . Suponiendo que  $y_{hij}$  este medido por unidad de superficie, p.e. el volumen  $m^3/ha$ , la estimación del total de la sub-población  $T$  puede ser calculada como sigue:

$$T = \sum_h n_{1h} A_{1h} \sum_i \sum_j p_{hij} y_{hij} \quad , \text{ donde}$$

$A_{1h}$  = la cobertura de area representada por  $U_{hr}$

Sea una unidad arbitraria  $U_{hr}$  que pertenezca a la muestra de primera fase, cuya ubicación venga definida en un mapa o por sus coordenadas UTM. Para hacer las estimaciones más importantes de esta unidad arbitraria, hay que descender hasta llegar a las mediciones de campo realizadas en el estrato  $h$  y ponderar cada vector de variables  $y_{hij}$  con  $p_{hij}$ .

Una vez obtenidas las estimaciones de cada unidad de la primera fase, es relativamente fácil calcular los resultados de primer orden, por ejemplo, promedios y distribuciones para una sub-población determinada. Este procedimiento ha funcionado bien en el Inventario Forestal Nacional del norte de Finlandia, realizado con muestreo bifásico (Poso and Kujala 1978).

## APENDICE 5 - CUESTIONARIO DEL GRUPO IUFRO S4.02 - 05 SOBRE REDES DE PARCELAS PERMANENTES

\*\*\*\*\*

*Este cuestionario tiene como objetivo reunir información acerca de parcelas permanentes y características de redes de parcelas permanentes, incorporando dicha información a una base de datos. Esta base de datos servirá para determinar el alcance y aplicación de las redes de parcelas permanentes. El informe estará a la disposición, previa solicitud del mismo, de aquellas personas que tengan interés en conocer los resultados. Esta base de datos es mantenida y puesta al día por UNEP GEMS PAC. Sin embargo, UNEP no asume ninguna responsabilidad acerca del contenido y exactitud del conjunto de datos archivados. Por favor, envíen el cuestionario una vez completado ó soliciten datos a: IUFRO Permanent Plot Database Manager, GEMS PAC, UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya. Tel: +254-2-621234. Fax: +254-2-226491 or 226890. E-mail: myint@un.org en Internet.*

\*\*\*\*\*

### POR FAVOR RELLENE UN FORMULARIO POR CADA TIPO DISTINTO DE RED DE PARCELAS

Organización \_\_\_\_\_  
 Persona de contacto \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_  
 Dirección/Calle \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Ciudad \_\_\_\_\_ Estado o país \_\_\_\_\_  
 Código postal \_\_\_\_\_ Código de país \_\_\_\_\_  
 N° de teléfono (con código internacional) \_\_\_\_\_  
 N° de fax (con código internacional) \_\_\_\_\_

1. ¿Tiene parcelas permanentes de muestreo? (señale sólo una respuesta con un círculo):

A. SI      B. NO      C. BAJO CONSIDERACION

2. ¿Sirven las parcelas para la inventariación regional/nacional? (señale sólo una respuesta con un círculo):

A. SI      B. NO

**SI USTED NO ESTA TOMANDO DATOS EN PARCELAS PERMANENTES,  
POR FAVOR, NO SIGA A PARTIR DE AQUI.**

\*\*\*\*\*

3. Número de parcelas: \_\_\_\_\_

4. Año de establecimiento (si son varios años, sírvase indicar el primer año): \_\_\_\_\_

5. Año de la última medición (si son varios años, sírvase indicar el último): \_\_\_\_\_

6. ¿Están las parcelas georeferenciadas mediante un sistema de coordenadas? (escoja una respuesta):

1. Completamente
2. En parte
3. Ninguna de ellas

7. Area cubierta por la red de parcelas (en km<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

8. Tipos de vegetación (señale con un círculo todas las respuestas correctas):

1. Vegetación conífera
2. Bosque de frondosas [latifoliadas (Lat. Am.)]
3. Bosque mixto
4. Bambú/pradera
5. Turbera
6. Otro, a saber \_\_\_\_\_

9. Forma de parcela (señale una respuesta con un círculo):

1. Rectángulo fijo
2. Círculo fijo
3. Variable (relascopeo etc.)
4. Mixta
5. Lineal
6. Otra, a saber \_\_\_\_\_

10. Dimensión de parcela (señale una respuesta con un círculo):

1. 0,01 ha o menos (0,025 acres o menos)
2. 0,011 ha - 0,05 ha (0,026 acres a 0,12 acres)
3. 0,051 ha - 0,1 ha (0,13 acres a 0,25 acres)
4. 0,11 ha - 1,0 ha (0,251 acres a 2.5 acres)
5. 1,1 ha - 10 ha (2,51 acres a 25 acres)
6. 10,1 ha o más (25 acres o más)
7. Otra, a saber \_\_\_\_\_

11. ¿Tiene datos de teledetección [percepción remota (Lat. Am.)]? (señale una respuesta con un círculo):

A. SI B. NO

12. En afirmativo, ¿de qué tipo son? (señale una respuesta con un círculo):

A. Satélite B. Fotos aéreas

13. ¿Cual es la escala de fotografía más frecuentemente usada? (señale una respuesta con un círculo):

1. 1:999 o menos
2. 1:1000 - 1:4999
3. 1:5000 - 1:9999
4. 1:10000 - 1:19999
5. 1:20000 - 1:29999
6. 1:30000 o más

14. El último año en el que se tomaron datos de teledetección: \_\_\_\_\_

## APENDICE 6 - EQUIVALENCIAS TERMINOLOGICAS ENTRE AMÉRICA LATINA Y ESPAÑA

### *España*

### *América Latina*

Bosques de frondosas	Bosques de latifoliadas
Clase de uso territorial	Clase de uso del suelo o de la tierra
Cubierta territorial	Cubierta de la tierra
Degradación territorial	Degradación de la tierra
Directrices	Pautas
Espesura de copas	Grado de cierre de las copas
Estación forestal	Sitio
Estado sanitario forestal	Sanidad forestal
Gestión o administración forestal	Manejo forestal
Gestión territorial	Manejo de tierra
Gestor	Gerente o Administrador
Grupo de parcelas de campo	Conglomerado de campo
Imágen de satélite	Imágen satelital
Modelizar	Modelar
Monitorización	Monitoreo
Ordenador	Computador
Orientación	Exposición
Propiedad	Tenencia
Teledetección	Percepción remota
Tramo	Compartimiento
Uso territorial	Uso de la tierra o suelo
Volumen maderable	Volumen de madera

## APENDICE 7 - LISTA DE PERSONAS QUE HAN CONTRIBUIDO A ESTAS DIRECTRICES

Las siguientes personas han contribuido a desarrollar estas Líneas Directrices:

Abayomi John	Forestry Research Institute of Nigeria
Adlard Philip	Reino Unido
Baltaxe Bob	Italia
Bones James T.	USDA Forest Service, EEUU
Banyard Sydney	ITC, Países Bajos
Boonittee Wipa	Kasetsart University, Tailandia
Brassel Peter	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Suiza
Brown Sandra	University of Illinois, EEUU
Charupat Jirawan	Royal Forest Department, Tailandia
Charupat Thongchai	Royal Forest Department, Tailandia
Chat Van Tran	Forest Inventory & Planning Institute, Vietnam
Czaplewski Raymond	USDA Forest Service, EEUU
Danilin Igor	Russian Academy of Science, Rusia
Elena-Rosselló Ramón	Universidad Politécnica de Madrid, España
Endom Wesman	FPRDC, Indonesia
Häggman Bjarne	Finlandia
Harun Ismail	Forest Research Institute Malasia
Hassan Azman	Forest Research Institute Malasia
Holmberg Gunilla	University of Helsinki, Finlandia
Hong Mai Dinh	Forest Inventory & Planning Institute, Vietnam
Houllier Francois	ENGREP, Francia
Innes John	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Suiza
Iverson Louis	University of Illinois, EEUU
Jaakkola Sipi	UNEP/Ginebra, Suiza
James Arnold	
Janz Klaus	FAO/Roma, Italia
Jeanjean Herve	SEAMEO, Tailandia
Khieodaeng Sadet	Royal Forest Department, Tailandia
Kincannon Syble M.	USDA Forest Service, EEUU
Korotkov A.V.	UN-ECE/FAO Agriculture and Timber Division
Köhl Michael	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Suiza
Laasasenaho Jouko	University of Helsinki, Finlandia
Larsson Marcus	FAO/Tailandia
Lindroth Svante	Swedish University of Agricultural Sciences, Suecia
Lowe Joe	Forestry Canadá
Lund H. Gyde	USDA Forest Service, EEUU
Ngamnisai Nom	SWU, Tailandia
Novajosky William	SPOT Image Corporation, EEUU
Nyssonen Aarne	University of Helsinki, Finlandia
Maosong Xu	Ministry of Forestry, China-Beijing
Mon Van Mai	Forest Inventory & Planning Institute, Vietnam
Omule Stephen	BC Forest Service, Canadá
Palmer Craig	EPA-EMAP, EEUU
Päivinen Risto	University of Joensuu, Finlandia
Palo Matti	Finnish Forest Research Institute, Finlandia
Pelz Dieter	Universität Freiburg, Alemania
Pimmanrojngool Viroj	Phrae Forestry School, Tailandia
Poku-Marboach M.Y.	Forestry Department, Ghana

Polley H.	Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft
Poso Simo	University of Helsinki, Finlandia
Preto Giovanni	Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Italia
Purnadjaja	SEOMEO-BIOTROP, Indonesia
Ratanajuraks Ratana	Tailandia
Ratanasaka Chotinard	Dept. of Agricultural Extension, Tailandia
Rattanasermpong Surachai	National Research Council, Tailandia
Ruangsi Paibul	National Research Council, Tailandia
Roeder Axel	Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Alemania
Rollet Bernard	Francia
Sader Steven	University of Maine, EEUU
Sarkeala Janne	Ministry of Forest and Environment, Nepal
Sayn-Wittgenstein Leo	Canada Center for Remote Sensing, Canadá
Schmid-Haas Paul	Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Suiza
Schram Pierre	Ceps/Instead, Luxemburgo
Scott Charles	USDA Forest Service, EEUU
Singh K.D.	Forest Resources Assessment 1990 Project/FAO, Italia
Siripunkaw Siri	Burapha University, Tailandia
Sharma Eka Raj	Ministry of Forest and Environment, Nepal
Shaw Charles	USDA Forest Service, EEUU
Shin Chung Kueh	ASEAN Inst. of Forest Management, Malasia
Smith Diana	USDA Forest Service, EEUU
Stone Thomas	The Woods Hole Research Center, EEUU
Sumantri Ishak	FPRDC, Indonesia
Tantiwanit Worawoot	Department of Geology, Tailandia
Thammincha Songkram	Kasetsart University, Tailandia
Tokola Timo	Ministry of Forest and Environment, Nepal
Tomppo Erkki	Finnish Forest Research Institute, Finlandia
Trakuldist Promchit	Land Use Planning Division, Tailandia
Vanclay Jerry	Royal Veterinary and Agricultural University, Dinamarca
Veiga Ricardo	Sao Paulo State University, Brasil
Voss Frithjof	Technical University of Berlin, Alemania
Wang Guangxing	University of Helsinki, Finlandia
Watson Robert	Resource Management and Research, Reino Unido
Wawrzoniak Jerzy	Forest Research Institute, Polonia
Wenzheng Kou	Ministry of Forestry, China-Beijing
Westinga Eduard	SEAMEO, Tailandia
Zawila-Niedzwiecki Tomasz	Remote Sensing & Spatial Information Centre, Polonia
Zeide Boris	University of Arkansas, EEUU
Zhixi Li	Southwest Forestry College, China-Beijing

El patrocinador principal de estas Directrices ha sido la Agencia Finlandesa de Desarrollo Internacional FinnIDA. Otras organizaciones contribuyentes son: la Universidad de Joensuu y la Universidad de Helsinki, Finlandia, la Universidad Kasetsart, Tailandia, el European Forest Institute (EFI), Finlandia, y el Programa de Silvicultura Tropical del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA Forest Service Tropical Forestry Program).

*Por favor, dirija sus comentarios acerca de estas Directrices al líder del Grupo de Trabajo de IUFRO S 4.02-05,*

*Dr. Risto Päivinen,  
Faculty of Forestry,  
University of Joensuu,  
P.O. Box 111, SF-80101 Joensuu, Finland.  
Tel. +358-73-1513631. Fax: +358-73-1513590.*

**IUFRO World Series Vol. 1**

Schmid-Haas, P. (ed.) 1990: Vocabulary of Forest Management. Vienna, IUFRO; Birmensdorf, WSL. 316 p.

**IUFRO World Series Vol. 2.**

1990: Forest Decimal Classification; Trilingual Short Version. Forstliche Dezimal-Klassifikation; Dreisprachige Kurzfassung; Classification Décimale Forestière; Version abrégée trilingue. Comp. by IUFRO Project Group P6.01-00. Vienna, IUFRO. 147 p.

**IUFRO World Series Vol 3.**

Voshmgir D., Schenker, R. (eds.) 1992: Forstliche Dezimal-Klassifikation. 2. überarbeitete und ergänzte Aufl. Wien, IUFRO. 131 S.

**IUFRO World Series Vol. 4.**

Schlaepfer, R. (ed.) 1993. Long-term Implications of Climate Change and Air Pollution on Forest Ecosystems. Progress Report of the IUFRO Task Force „Forest, Climate Change and Air Pollution“. Vienna, IUFRO; Birmensdorf, WSL. 132 p.