



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM
SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL
GRUPO DE BOSQUES

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA- DANE
CUENTAS NACIONALES

**DISEÑO DEL MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO DEL INVENTARIO
FORESTAL NACIONAL**

Bogotá, D.C., Diciembre de 2009



**DOCUMENTO MARCO DEL DISEÑO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
INVENTARIO FORESTAL NACIONAL**

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

DIRECTOR:	Dr. RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN
SECRETARIO GENERAL	Dra. CAROLINA CHINLLILLA
SUBDIRECTORA DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL:	Dra. LUZ MARINA ARÉVALO
COORDINADORA GRUPO DE BOSQUES	Ing. CLAUDIA OLARTE
INVESTIGADORA SIG	Ing. MARTA PATRICIA LEÓN
INVESTIGADORA EN BOSQUES	Ing. MARÍA CECILIA CARDONA
INVESTIGADORA BOSQUES	Biol. SANDRA CRUZ
INVESTIGADORA BOSQUES	Ing. ADRIANA PAOLA BARBOSA

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS

DIRECTOR:	Dr. HÉCTOR MALDONADO GÓMEZ
SECRETARIO GENERAL	Dr. ALFREDO VARGAS ABAD
SUBDIRECTOR	Dr. CARLOS EDUARDO SEPÚLVEDA RICO
DIRECTORA DE CUENTAS NACIONALES	Dra. ANA VICTORIA VEGA ACEVEDO
COORDINADORA MEDIO AMBIENTE	Dra. MÓNICA RODRÍGUEZ DÍAZ
INVESTIGADORA MEDIO AMBIENTE	Dra. ELENA RODRÍGUEZ YATE
INVESTIGADOR EN ESTADÍSTICA	Dr. OSCAR MERCHÁN

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

DIRECCIÓN TÉCNICA:	Ing. CLAUDIA PATRICIA OLARTE V
INVESTIGADORES TEMÁTICOS EN BOSQUES	Ing. MARTHA PATRICIA LEÓN POVEDA
	Ing. MARÍA CECILIA CARDONA RUIZ
	Ing. ADRIANA PAOLA BARBOSA HERRERA
	Bióloga SANDRA PATRICIA CRUZ ARGUELLO

GRUPO DE CONSULTORES

DISEÑO GENERAL	Ing. JAIME PÉREZ GÓMEZ
DISEÑO ESTADÍSTICO	Esta. SERGIO ACOSTA, Esta. AMANDA OCHOA
DISEÑO TEMÁTICO	Ing. WALTER GIL, Ing. WILSON LÓPEZ
DISEÑO MARCO GEOESTADÍSTICO	Ing. OSWALDO MOSQUERA
DISEÑO OPERATIVO DE CAMPO Y COSTOS	Ing. LEYLA MONTENEGRO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Dirección y Coordinación General	Luz Marina Arevalo Sánchez Claudia Olarte Villanueva	Ingeniera Geógrafa Ingeniera Forestal
Coordinación técnica	Jaime Pérez Gómez	Ingeniero Forestal.
Diseño Estadístico	Amanda Ochoa	Estadística
	Sergio Enrique Acosta Moreno. Infometrika L.TDA.	Estadístico
	María Cecilia Cardona Ruiz	Ingeniera Forestal
Indicadores y Tablas de Salida	Ernesto Wilson López González	Ingeniero Forestal
	Walter Octavio Gil Torres	Ingeniero Forestal
	María Cecilia Cardona Ruiz	Ingeniera Forestal
	Adriana Paola Barbosa Herrera	Ingeniera Forestal
Diseño del Marco Geoestadístico	Oswaldo Arturo Mosquera g.	Ingeniero Forestal
	Martha Patricia León Poveda	Ingeniera Catastral
	Mónica Osuna Moreno	Tecnóloga en cartografía
Diseño del Operativo de Campo y Estructura de Costos	Leyla Mercedes Montenegro	Ingeniera Forestal
	Sandra Patricia Cruz Arguello	Bióloga.
	Adriana Paola Barbosa Herrera	Ingeniera Forestal
	Claudia Patricia Olarte	Ingeniera Forestal
Diseño de Manuales de Campo	Leyla Montenegro Walter Octavio Gil Torres Ernesto Wilson López González	Jaime Pérez Gómez Sandra Patricia Cruz Arguello Adriana Paola Barbosa Herrera
Colecta de muestras Botánicas y determinación en campo	Germán Téllez Mendivelson	Ingeniero Forestal. Dendrólogo
	Sandra Yanneth Castro Rodríguez	Bióloga. Dendróloga
Determinación, validación, montaje y custodia del Material Vegetal	Roció Cortez Ballén. Herbario Forestal. Universidad Francisco José de caldas	Bióloga-Phd. En Botánica
BRIGADAS DE CAMPO		
Coordinadora Logística	Jeimmy Avendaño Reyes Leyla Mercedes Montenegro Calderón	Ingeniera Forestal. Msc.....
Coordinador Técnico	Jaime Pérez Gómez Harold Daniel Ramos	Ingeniero Forestal
Jefes de Brigada	Héctor Hernán Acosta	Ingeniero Forestal
	Manuel Manjarres Altahona	Ingeniero Forestal
	Robert Antonio Roa Mosquera Ángel Emic Mena Arias	Ingeniero Agroforestal Ingeniero Agroforestal
Ingenieros Auxiliares de Campo	Flavio Quintero Néstor Murillo Larry Yesid Palacios Álvarez Cardenio Lemus Perea	Ingeniero Forestal Ingeniero Forestal Ingeniero Agroforestal Ingeniero Agroforestal
Desarrollo Informático	Deisy Fernández	Ingeniera de Sistemas
	Tania Barrero	Ingeniera de Sistemas

AGRADECIMIENTOS

EL IDEAM y EL DANE agradecen el apoyo y la colaboración prestada al proyecto por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, Corpoguajira, Codechocó, la Car; a los Institutos de Investigación Ambiental (SINCHI, IIAP, IAvH, INVEMAR) a la Universidad Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente, al Herbario Forestal “Gilberto Mahecha” y al Laboratorio de Físico Química ambiental del IDEAM, a la Universidad del Tolima, facultad de Ingeniería Forestal, a la Universidad Nacional de Colombia, sedes Medellín y Bogotá, facultades de Ingeniería Forestal e Instituto de Ciencias Naturales, a la Universidad Tecnológica del Choco, al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, a la Comunidad Cogui-Arhuaco-Wiwa y habitantes del Municipio de Dibuya-Guajira, a la Comunidad de Choachí, veredas El Rosario, La Caja, Fonté y Granadillo. Al Consejo Comunitario del corregimiento de Tutunendo. Al Consejo Comunitario Mayor de la Asociación Campesina Integral del Atrato – Cocomacia. Un especial agradecimiento a los reconocedores de campo y colaboradores, quienes acompañaron el desarrollo de las pruebas piloto, sin los cuales no se hubiese alcanzado los objetivos propuestos del ejercicio en campo.

Contenido

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES.....	10
3. OBJETIVOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA.....	14
3.1. Objetivo general.....	14
3.2. Objetivos específicos	14
4. ALCANCE DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA	14
5. MARCO CONCEPTUAL	15
5.1. ¿Qué es un inventario forestal, IF?	15
5.2. Tipos de inventarios forestales.....	16
5.3. Definición del inventario forestal nacional - IFN.....	16
5.4. Enfoque conceptual del inventario forestal nacional de Colombia.....	17
5.5. Características de la investigación estadística para el diseño del IFN	17
5.6. Componentes temáticos en el diseño del IFN.....	19
5.7. Fases del diseño del IFN	20
5.7.1. Fase de planificación y programación	20
5.7.2. Fase de diseño	21
5.7.3. Fase de producción estadística.....	22
5.7.4. Fase de evaluación y control	22
5.7.5. Fase de documentación y difusión	23
5.8. Definición de bosque natural	23
6. DISEÑO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO DEL IFN	24
6.1. Marco geoestadístico y cartografía del IFN	24
6.1.1. Definición de marco geoestadístico	25
6.1.2. Metodología de construcción del marco geoestadístico.....	25
6.1.3. Universo de estudio.....	27
6.1.3.1. Proceso de obtención del universo de estudio	27
6.1.3.2. Estratificación y subestratificación	28
6.1.3.3. Proceso para seleccionar el universo de estudio	30
6.1.3.4. Proceso para estratificación de las UPM.....	32
6.1.3.5. Proceso de subestratificación	33
6.1.4. Construcción de la grilla de equidistancias.....	37
6.1.5. Codificación	40
6.1.6. Control de calidad del marco geoestadístico del Inventario Forestal Nacional	43
6.1.7. Cartografía para el levantamiento de datos en campo	45
6.1.7.1. Insumos cartográficos	46
6.1.7.2. Jerarquía de la cartografía análoga	48
6.1.7.3. Cartografía para Dispositivo Móvil de Captura (DMC)	52
6.1.7.4. Otros mapas temáticos	52
6.1.7.5. Control de calidad para salidas gráficas.....	53

7.	<i>DISEÑO ESTADÍSTICO DEL IFN.....</i>	54
7.1.	Unidades de observación y análisis	55
7.2.	Cobertura geográfica - Niveles de estimación y representatividad.....	55
7.3.	Marco estadístico o marco de muestreo (ME).....	56
7.4.	Diseño muestral del IFN	60
7.5.	Especificaciones para la estimación del tamaño de la muestra	62
7.5.1.	Tamaño de la muestra	64
7.5.2.	Tamaño, Número y Forma de las Unidades de Muestreo	64
7.5.3.	Determinación del tamaño y el número de unidades de muestreo.....	65
7.5.4.	Selección de las Unidades de muestreo	68
7.5.4.1.	Unidades Primarias de Muestreo -UPM	68
7.5.4.2.	Unidades Secundarias de Muestreo - USM.....	69
7.5.4.3.	Unidades terciarias de muestreo - UTM	69
7.5.4.4.	Unidades cuartas de muestreo - UCM	70
7.5.5.	Determinación de la forma de las unidades de muestreo	71
7.6.	Establecimiento de los escenarios muestrales	74
7.6.1.	Nivel de confianza y el error máximo permisible:	74
7.6.2.	El Error de Muestreo para cada nivel de análisis.....	75
7.6.3.	Precisión y exactitud.....	75
7.7.	Propuesta de tamaño de la muestra.....	76
8.	<i>DEFINICIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....</i>	81
9.	<i>EQUIPOS Y MATERIALES DE MEDICIÓN.....</i>	87
10.	<i>INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA</i>	88
11.	<i>CAPTURA DE DATOS.....</i>	88
11.1.1.	Consolidación y validación de los datos.....	90
11.1.2.	Procesamiento de la información	91
11.1.3.	Consistencia e imputación	91
11.1.4.	Programación para la generación de resultados	91
11.1.5.	Etapas de tabulación de datos	91
11.1.6.	Etapas de resultados preliminares	92
11.1.7.	Almacenamiento y seguridad	92
12.	<i>OPERATIVO DE CAMPO</i>	93
12.1.	Introducción.....	93
12.2.	Definición del operativo de campo en el IFN.....	94
12.3.	Estrategia general de ejecución del operativo de campo del IFN	94
12.4.	Estructura del operativo de campo del IFN	97
12.4.1.	Estructura institucional del IFN.....	97
12.4.2.	Estructura orgánica del IFN.....	99
12.4.3.	Estructura orgánica NACIONAL.....	100
12.4.3.1.	Tomadores de decisión	101
12.4.3.2.	Coordinador central	101
12.4.3.3.	Grupo de apoyo técnico al coordinador central	101

12.4.3.4.	Grupo técnico del IFN	101
12.4.4.	Estructura orgánica REGIONAL	102
12.4.4.1.	Coordinador CAR.....	102
12.4.4.2.	Coordinador regional	103
12.4.4.3.	Asistente regional	103
12.4.4.4.	Ingeniero de sistemas y auxiliar	103
12.4.4.5.	Ingeniero forestal asistente (dos)	103
12.4.4.6.	Conductor y/o motorista.....	103
12.4.4.7.	Coordinador seccional (uno o varios según el tamaño de la muestra)	103
12.4.4.8.	Ingeniero Forestal asistente del coordinador seccional	104
12.4.4.9.	Técnico o tecnólogo seccional	104
12.4.4.10.	Supervisor de área.....	104
12.4.4.11.	Dendrólogo.....	104
12.4.5.	Estructura orgánica LOCAL.....	104
12.4.6.	Estructura logística para el operativo de campo del IFN	106
12.4.6.1.	Centro de Operación Nacional del IFN- CON-	107
12.4.6.2.	Centro de Operación Logística del IFN- COL-	107
12.4.6.3.	Puntos de encuentro.....	108
12.4.6.4.	Campamento.....	108
12.4.6.5.	Alimentación	109
12.4.6.6.	Comunicaciones	109
12.4.6.7.	Desplazamientos de supervisores y brigadas de campo.....	109
12.5.	Estrategia de planificación y ejecución del operativo de campo en el IFN	110
12.6.	Fase de diseño y planeación.....	111
12.6.1.	Marco conceptual y metodológico	111
12.6.2.	Conceptualización técnica	111
12.6.3.	Diseño estadístico	112
12.6.4.	Diseño y conceptualización del marco geoestadístico	112
12.6.5.	Diseño del sistema de captura de datos en campo	112
12.7.	Fase del preoperativo de campo del IFN	114
12.7.1.	Sensibilización a nivel nacional y regional	115
12.7.2.	Contacto con autoridades locales y sensibilización social	115
12.7.3.	Convenios interinstitucionales a nivel regional	116
12.7.4.	Preparación de equipos y materiales y flujo para envío y recepción de éstos	116
12.7.5.	Convocatoria para el personal de la brigada de campo.....	120
12.7.6.	Capacitación.....	120
12.7.7.	Estrategia	121
12.7.8.	Grupos meta y técnicas de capacitación.....	122
12.7.9.	Estrategia para convocatoria y selección del personal a nivel regional y local	123
12.7.10.	Instalación de las juntas o comités regional y municipal del IFN.....	123
12.7.11.	Planes de seguridad, comunicación, transporte y emergencias.....	124
12.7.12.	Planeación de los operativos de campo	125
12.8.	Fase de operativo de campo del IFN	127
12.8.1.	Descripción	127
12.8.2.	Capacitación.....	128
12.8.3.	Coordinación con las autoridades municipales	128
12.8.4.	Actividades preparatorias de la brigada forestal	128
12.8.5.	Toma de datos en las USM, UTM y UCM	129
12.8.6.	Visitas de supervisión.....	131
12.8.7.	Recepción del material muestral y consolidación digital y manual de los datos.....	132

12.9.	Fase postmuestral posterior al periodo de recolección del IFN	132
12.9.1.	Flujo del material botánico	132
12.9.2.	Posible realización de revisitas	132
12.9.3.	Validación y crítica del formato de registro	133
12.9.4.	Generación de indicadores	133
12.9.5.	Publicación de resultados	133
12.10.	Operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes	133
12.10.1.	Mapificación	133
12.10.2.	Diseño del operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes	134
12.10.3.	Preoperativo en comunidades indígenas y afrodescendientes	134
12.10.4.	Operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes	135
12.10.5.	Post-operativo de campo.....	135
12.11.	Control de calidad durante el operativo de campo.....	136
<i>Bibliografía</i>		139

Lista de cuadros

Pág.

<i>Cuadro 1. Ecosistemas con bosque natural, vegetación secundaria y bosque de manglar que conforman el universo de estudio</i>	<i>28</i>
<i>Cuadro 2. Estratificación, subestratificación y área.</i>	<i>34</i>
<i>Cuadro 3. Tipo de dato y descripción de los atributos de la grilla de equidistancia</i>	<i>38</i>
<i>Cuadro 4. Parámetros del sistema de coordenadas del IFN</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 5. Código de Corporación Autónoma Regional o de Desarrollo Sostenible.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 6. Código de Gran Área Hídrica</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 7. Ejemplo de codificación para una UPM de La Guajira</i>	<i>42</i>
<i>Cuadro 8. Niveles mínimos de información cartográfica para el IFN</i>	<i>46</i>
<i>Cuadro 9. Parámetros del sistema de coordenadas del IFN</i>	<i>47</i>
<i>Cuadro 10. Grandes áreas hídricas de Colombia.....</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 11. CV en porcentaje para distinto número de USM por cada UPM, con varios tamaños de muestra.....</i>	<i>67</i>
<i>Cuadro 12. CV en porcentaje para distinto número de UTM por cada USM, con varios tamaños de muestra.....</i>	<i>67</i>
<i>Cuadro 13. Tipo y dimensión de las Unidades Muestrales en el IFN</i>	<i>71</i>
<i>Cuadro 14. Error de muestreo por nivel de análisis para el IFN.....</i>	<i>75</i>
<i>Cuadro 15. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 5%. Tamaños de muestra expresada en hectáreas</i>	<i>77</i>
<i>Cuadro 16. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 7%. Tamaños de muestra expresada en Ha.....</i>	<i>77</i>
<i>Cuadro 17. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 9%. Tamaños de muestra en Ha.</i>	<i>79</i>
<i>Cuadro 18. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra nacional y según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 7%. Tamaños de muestra en Ha.</i>	<i>80</i>
<i>Cuadro 19. Definición, metodología de cálculo y datos de salida de cada uno de los indicadores utilizados en el IFN</i>	<i>83</i>
<i>Cuadro 20. Estrategias de planificación para el operativo de campo del IFN</i>	<i>110</i>
<i>Cuadro 21. Pruebas piloto realizadas en el diseño del IFN.....</i>	<i>113</i>
<i>Cuadro 22. Equipos, herramientas y materiales del IFN.....</i>	<i>116</i>
<i>Cuadro 23. Especificaciones técnicas de las USM, UTM y UCM en el IFN.....</i>	<i>129</i>
<i>Cuadro 24. Errores frecuentes y opciones para su corrección en el trabajo de campo de las brigadas forestales.</i>	<i>136</i>

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Etapas de la construcción del Marco geoestadístico de bosques naturales.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2. Proceso para la obtención del universo de estudio</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3. Diferenciación de los ecosistemas pertenecientes al universo de estudio de los demás ecosistemas del país.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4. Proceso de estratificación de las UPM del universo de estudio.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5. Proceso de Subestratificación de UPM.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6. Ejemplo de tamaño de la grilla de equidistancias</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7. Estructura del Código de la UPM</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8. Control de calidad del Marco Geoestadístico</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9. Proceso cartográfico del IFN.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 10. Formato Mapa General</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11. Formato Mapa Veredal</i>	<i>49</i>
<i>Figura 12. Formato Mapa de las UPM.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 13. Distribución de parcelas al interior de una UPM</i>	<i>52</i>
<i>Figura 14. Control de calidad para salidas gráficas.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 15. Marco estadístico de segunda etapa de selección</i>	<i>59</i>
<i>Figura 16. Método de selección en cada una de las etapas del marco estadístico</i>	<i>60</i>
<i>Figura 17. Marco de áreas departamento de La Guajira</i>	<i>68</i>
<i>Figura 18. Ver figura 19. (Nota: Todo este trabajo se realiza en oficina).....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 19. Esquema y ejemplo de localización de las UTM</i>	<i>69</i>
<i>Figura 20. Esquema de la USM.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 21. Estructura y ejemplo de localización de las UCM</i>	<i>70</i>
<i>Figura 22. Ejemplo de las etapas de selección de las unidades muestrales en el diseño del IFN</i>	<i>70</i>
<i>Figura 23. Parcela circular con subparcelas rectangulares ordenadas en Y y en cruz.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 24. Parcela rectangular con subparcelas cuadradas ordenadas en forma de cuadro.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 25. Arreglo de las unidades de muestreo para el IFN.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 26. Resumen de los tres escenarios de tamaños preliminares de la muestra propuestos</i>	<i>76</i>
<i>Figura 27. Esquema de planificación y ejecución del IFN</i>	<i>96</i>
<i>Figura 28. Estructura institucional del IFN, esquema ilustrativo</i>	<i>98</i>
<i>Figura 29. Estructura institucional de recolección de los datos del IFN.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 30. Estructura Nacional del IF.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 31. Estructura regional del IFN.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 32. Estructura orgánica de la brigada de campo</i>	<i>105</i>
<i>Figura 33. Estructura logística para el IFN</i>	<i>107</i>
<i>Figura 34. Flujo para el envío y recepción de materiales e información en los diferentes niveles del IFN</i>	<i>119</i>
<i>Figura 35. Estrategia de capacitación en los diferentes niveles de ejecución del IFN</i>	<i>122</i>
<i>Figura 36. Ejemplo de asignación de AS y AR</i>	<i>128</i>
<i>Figura 37. Flujo lógico de las actividades a desarrollar al interior de la USM</i>	<i>130</i>
<i>Figura 38. Estimación del porcentaje de error en una cuadrilla de campo</i>	<i>136</i>

Lista de Anexos

Anexo 1. Formatos de captura

Anexo 2. Hojas de indicadores

Anexo 3. Costos

1. INTRODUCCIÓN

Una de las constantes preocupaciones a lo largo de la historia ambiental de nuestro país, ha estado ligada con el conocimiento sobre la oferta y el estado de los bosques; es así como incluso en el año 1919 con la expedición del Código Fiscal, mediante la Ley 119 de ese mismo año, se encomendaba a las instituciones gubernamentales la realización del Inventario Forestal Nacional, compromiso que por casi ya 90 años se ha venido aplazando. Debido al esfuerzo institucional y a los costos elevados que demanda dicha actividad.

Actualmente la información y el conocimiento sobre los bosques colombianos, son elementos estratégicos para la toma de decisiones más y mejor informadas; en este sentido, generar información oportuna, confiable, consistente y comparable, que permita un mejor conocimiento sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales, ha sido un reto constante para el sector ambiental. Bajo este contexto, el estudio de los bosques naturales puede abordarse a través de distintas investigaciones una de las cuales, la constituye los inventarios forestales, pues permiten obtener información precisa sobre su distribución, estructura y composición entre otra.

En razón de ello, desde el año 2002 el Sistema Nacional Ambiental –SINA-, en cabeza del IDEAM ha venido avanzando en el diseño del inventario forestal nacional (IFN), visto como una herramienta que contribuye a mejorar el conocimiento sobre la oferta, composición, estructura y función ecosistémica que desempeñan los bosques del país, información fundamental para la adecuada planificación y uso de las áreas cubiertas por bosques¹.

El IFN tiene sustento principalmente en la Política de Bosques, documento CONPES 2834 (1996), la cual determinó como objetivo general *“lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población”* en donde una de sus líneas está relacionada con la taxonomía, distribución, estructura y funciones de los bosques, es decir, aborda el tema de elaborar un inventario forestal del orden nacional. Igualmente, el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF, 2000), incorpora el tema de IFN y regional de forma directa y contundente, al definirlo como: *“un instrumento básico para la ordenación y conservación de los recursos forestales, que permita identificar la oferta actual y su estado de conservación”*. En el PNDP se establece que el IDEAM y los Institutos de Investigación Ambiental (IIA), conjuntamente con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial –MAVDT-, las CAR y las Universidades avanzarán en la realización del IFN y regional.

Teniendo en cuenta los mandatos de la Política de Bosques, durante el año 2007 y 2008 el MAVDT e IDEAM con la participación de las entidades del SINA, formulan el “Programa Nacional para el Monitoreo y Seguimiento a los Bosques” –PMSB- cuyo fin

¹ Guías Técnicas para la Ordenación y el Manejo de los Bosques Naturales. Minambiente, 2002

es el de orientar las acciones de monitoreo sobre los bosques. Dentro de las operaciones estadísticas, identificadas, priorizadas y concertadas con el sector ambiental está la de realizar el Inventario Forestal Nacional de manera interinstitucional y de acuerdo con las funciones y competencias de cada una de ellas.

A partir del segundo semestre del año 2007 y con el concurso de las entidades del SINA (Institutos de Investigación Ambiental y Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible), el IGAC, el **Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–**, **las Universidades y diferentes actores** regionales e investigadores, el IDEAM, con el apoyo del MAVDT y el DANE, inició el proceso de construcción del ***diseño del Inventario Forestal Nacional***.

En ese contexto, el diseño del IFN se ha planeado en seis fases, así: i) definición conjunta del objetivo y alcance, ii) diseño del marco metodológico, iii) validación y socialización del marco metodológico, a través de pruebas piloto y talleres, iv) preparación del plan operativo para su puesta en marcha, v) ejecución o puesta en marcha, y vi) procesamiento, análisis y consolidación de resultados del IFN.

Como resultado de las tres primeras fases, y luego de un proceso de validación y ajustes realizado con base en tres pruebas piloto adelantadas en Choachí (Zona amortiguadora del Parque Nacional Natural de Chingaza), Corpogujaira (municipio de Dibulla) y Andén Pacífico Colombiano (estación experimental de Tutunendo) se presenta a continuación el Documento marco del diseño conceptual y metodológico para la implementación del Inventario Forestal Nacional de Colombia-IFN, el cual debe considerarse como el instrumento de referencia para el desarrollo técnico del proceso y su respectiva planificación.

En este sentido el Diseño Conceptual y Metodológico del IFN se constituye en el **marco general** (conceptual, normativo, metodológico, político e institucional) para la **ejecución coordinada** del IFN, la cual debe concretarse a través de un proceso de concertación de las instituciones claves para su ejecución tanto a nivel operativo como financiero y técnico.

En el documento se analizan y evalúan aspectos importantes específicos del ecosistema en un contexto de investigación a nivel nacional, a partir de la medición de la variabilidad de los bosques, estructura y funcionalidad del formato de registro, sistema de captura móvil “in situ”, la estructura y funciones de la cuadrilla de inventario, los rendimientos en diferentes aspectos (localización de las unidades de muestreo, materialización de las parcelas, toma y registro de información, procesamiento, entre otros), los tipos de equipos idóneos para la captura de datos y el registro de los mismos, el control de calidad durante los procesos, la definición de los costos asociados a las diferentes fases de diseño y ejecución (pre-operativo, operativo de campo, post-operativo), la relación con la comunidad, la respuesta institucional y capacidad de ejecución regional y nacional en el desarrollo de la investigación; los requerimientos, el detalle de la cartografía, el diseño estadístico, entre otros.

2. ANTECEDENTES

Desde el punto de vista normativo, históricamente se han planteado diferentes expresiones relacionadas con la realización de un Inventario Forestal Nacional. Una de ellas fue la expedición de la Ley 19 de 1919, donde se ordenaba al país la realización del Inventario Forestal Nacional. Sin lugar a dudas, una de las más importantes es la Ley 2ª de 1959, la cual establece que las siete (7) Zonas de Reserva Forestal deberán someterse a un Plan de Ordenación Forestal, el cual se basa en un inventario forestal. A la fecha, dichas reservas forestales no han sido objeto de planes de ordenación forestal, ni de inventarios forestales para la totalidad de sus áreas boscosas.

En Colombia, los inventarios forestales (IF) tienen su origen en la década de los 60 en la cual se realizaron inventarios forestales regionales, con fines de aprovechamiento y manejo forestal, liderados en aquel entonces por el Ministerio de Agricultura. Estos inventarios detallados entregaron las primeras cifras, técnicamente soportadas, sobre el potencial forestal del país y promovieron la investigación y formación forestal del capital humano nacional, lo cual se concretó en la creación de las primeras facultades de Ingeniería forestal, la planeación de la investigación y el desarrollo forestal, la promoción de políticas en materia forestal y una institucionalidad que liderara el tema.

Bajo el liderazgo del INDERENA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO– se realizaron los primeros estudios forestales regionales en la Serranía de San Lucas en el año 1970, la Amazonía (Proyecto Radargramétrico del Amazonas, 1978) y en el Pacífico Colombiano (Mapa de Bosques del Pacífico Colombiano, 1976). Producto de estos y otros trabajos regionales liderados por el Estado, la Academia y la empresa privada, en 1984 se produce el primer documento técnico de carácter nacional que aporta información al conocimiento de los bosques en Colombia, el “Mapa de bosques de Colombia” (INDERENA-IGAC, 1984) en el cual se realizaron inventarios de reconocimiento en las diferentes formaciones forestales del país, se generó la primera cartografía oficial forestal y se dio el soporte técnico al primer registro e identificación taxonómica de especies forestales, publicado como el “Estudio Dendrológico de Colombia” (Universidad Distrital, 1984).

Más tarde, en 1992, el Inderena publicó el “Mapa Indicativo de Zonificación Forestal”, otro ejercicio cartográfico que soportado en estudios florísticos de finales de los 80 y comienzos de los 90, permitió actualizar la información forestal del país.

De otra parte, desde el punto de vista político, el Ministerio de Medio Ambiente, hoy de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), en 1996 expidió la Política de Bosques, documento CONPES 2834, la cual determinó como objetivo general *“lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población”*. En este contexto, en la estrategia de Fortalecer los Instrumentos de Apoyo, se definió la acción de formular un programa de ciencia y tecnología en el cual una de sus líneas está relacionada con la taxonomía, distribución, estructura y funciones de los bosques, es decir, aborda el tema de elaborar un inventario forestal del orden nacional.

Asimismo, en el año 2000, con la aprobación del Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF), se incorpora el tema de Inventario Forestal Nacional (IFN) y regional de forma directa y contundente, al definirlo como: “...un instrumento básico para la ordenación y conservación de los recursos forestales, que permita identificar la oferta actual y su estado de conservación”, dentro del Programa de Ordenación, Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales, Subprograma de Ordenación y Zonificación Forestal. En dicho Plan se establece que el IDEAM y los Institutos de Investigación Ambiental (IIA), conjuntamente con el MAVDT, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible -CAR- y las Universidades avanzarán en la realización del IFN y regional.

Bajo ese mandato, algunas CAR realizaron acciones de planificación de los bosques naturales en sus áreas de jurisdicción, implementando para ello el desarrollo de inventarios forestales regionales como soporte para la formulación de los planes de ordenación forestal, caso específico de CORPOAMAZONIA, CDA, CORPOMOJANA, CORPONARIÑO, entre otras. Así mismo, el IDEAM a través del Programa para el Monitoreo y Seguimiento a los Bosques (PMSB), ha iniciado acciones que conducen a la realización, en un futuro cercano, del IFN para Colombia.

Paralelamente a este proceso y amparados en el Decreto 1791 de 1996, se han realizado diferentes inventarios forestales con fines de aprovechamiento forestal a lo largo y ancho del territorio colombiano, los cuales, aunque con objetivos diferentes constituyen un referente documental de la estructura y composición de los bosques a nivel regional; de igual forma y más recientemente, las Car² han realizado inventarios forestales regionales iniciando los diferentes procesos de ordenación forestal de sus jurisdicciones.

Sin embargo, estos avances en la ejecución de los inventarios forestales regionales se desarrollaron con diferentes metodologías, distintos diseños, diferentes tamaños y formas de las unidades muestrales, variadas intensidades de muestreo y con indicadores diferentes, lo que hace que la información no sea comparable y homogénea, limitando así la posibilidad de hacer análisis integrales, generación de estadísticas y datos consolidados con relación a los bosques del país. Es decir, pese al esfuerzo de algunas CAR, el país no contaba con un diseño metodológico unificado que fuera aplicable a nivel de país, teniendo en cuenta las consideraciones de variabilidad ecosistémica existente.

En el año 2004 el IDEAM publica el Informe anual del “Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia” en el cual se presenta un análisis multitemporal de las coberturas vegetales de Colombia, verificándose en él, el retroceso de la cubierta de bosques y el efecto de la colonización sobre los territorios boscosos.

Posteriormente a este informe y con el objeto de dar respuesta a su función misional de realizar el monitoreo y la caracterización de los ecosistemas boscosos y con el fin de avanzar en la solución de la problemática identificada, el IDEAM inicia en el año 2006 el diseño del Programa de Monitoreo y Seguimiento de Bosques (PMSB). A través de

² Cortolima, Corpoamazonia, Corponariño, Car (Cundinamarca), Codechocó (IDEAM, 2007).

dicho programa se identificaron nueve operaciones estadísticas relevantes que permiten la recolección de información para un mejor conocimiento de los ecosistemas forestales, se estructuraron componentes y se definieron las variables del PMSB que a su vez aportaron al diseño de los protocolos. Como resultado de dicho ejercicio (el cual fue adelantado a través de talleres, mesas de trabajo y consultas con las entidades del SINA) y con el fin de dar respuesta a preguntas fundamentales que el Estado debe conocer con relación a los bosques como ¿Cuántos tipos de bosques tiene Colombia?, ¿Cuáles son las especies principales que los caracterizan?, ¿Cuál es el estado de las masas forestales?, ¿Cuánta biomasa se acumula en ellos?, se identificó como prioridad para el país la investigación del Inventario Forestal Nacional (IFN).

En consecuencia, desde el año 2007 el IDEAM realizó consultas regionales con el fin de establecer en conjunto con las regiones, las entidades, los profesionales vinculados con el bosque, las ONG, la academia, entre otros, el objetivo y alcance del IFN , estructurando de esta forma una metodología macro para la realización del mismo.

Paralelamente a este proceso y en alianza con todos los institutos de investigación Ambiental (el Instituto de Investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, IIAP, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI) y el IGAC, en el año 2007 se publica el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, el cual constituye la línea base de información sobre el estado de los ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, permitiendo así a partir de un ejercicio metodológico estandarizado realizar su seguimiento y monitoreo.

A partir de la propuesta metodológica construida por el IDEAM, y teniendo en cuenta que en un proceso de formulación y diseño metodológico, es vital la fase de validación y ajuste, a través de la realización de pruebas piloto para evaluar su aplicabilidad, el IDEAM suscribió el Convenio de Cooperación 015 de 2007 celebrado con FONDANE para “aunar esfuerzos interinstitucionales para realizar el ajuste y validación de la metodología del IFN y estructurar el plan estratégico nacional para su implementación”; en el desarrollo de este convenio, se establece la realización de dos pruebas piloto, una en el Parque Nacional Chingaza (Orobioma Andino) y otra en la jurisdicción de Corpogujaira (Zonobioma y Helobioma seco tropical, orobioma bajo de la Guajira), que aportarán insumos para validar y ajustar la metodología planteada por el IDEAM para la realización del IFN.

En el proceso de estructuración de una metodología, uno de los pasos fundamentales es la etapa de validación y ajuste, a través de la realización de pruebas piloto. Para el caso específico de la metodología de inventario forestal nacional, las pruebas piloto se realizan bajo un contexto técnico y operativo que permiten analizar y evaluar aspectos específicos del tipo de ecosistema donde se realiza la prueba. En cada prueba piloto se analizan y evalúan aspectos importantes específicos del ecosistema en un contexto de investigación a nivel nacional, a partir de la medición de la variabilidad de los bosques, estructura y funcionalidad del formato de registro, sistema de captura móvil “in situ”, la estructura y funciones de la cuadrilla de inventario, los rendimientos en diferentes aspectos (localización de las unidades de muestreo, materialización de las parcelas,

toma y registro de información, procesamiento, entre otros), los tipos de equipos idóneos para la captura de datos y el registro de los mismos, el control de calidad durante los procesos, la definición de los costos asociados a las diferentes fases de diseño y ejecución (pre-operativo, operativo de campo, post-operativo), la relación con la comunidad, la respuesta institucional y capacidad de ejecución regional y nacional en el desarrollo de la investigación; los requerimientos, el detalle de la cartografía, el diseño estadístico, entre otros.

De otro lado y considerando la variabilidad de los ecosistemas de bosques del país (Según el mapa de Ecosistemas en Colombia existen 311 ecosistemas naturales, de los cuales 70 corresponden a ecosistemas forestales), así como los contextos geográficos, sociales y económicos asociados a estos ecosistemas, la validación de la metodología de inventario forestal debe contar con un número de pruebas piloto representativo no solo ecosistémicamente, sino también estadísticamente. En este sentido y teniendo en cuenta que el convenio suscrito entre IDEAM y FONDANE solamente adelantará dos pruebas piloto, el MAVDT suscribe con el IDEAM, en el año 2009 el Convenio 014 con el fin de adelantar una prueba piloto en el Andén Pacífico Colombiano.

La zona para adelantar la nueva prueba piloto, se seleccionó teniendo en cuenta que dentro de los ecosistemas forestales más relevantes para el país, se encuentran aquellos localizados en el Andén Pacífico (entre otras razones por su variabilidad de biomas, por datos reportados sobre su biodiversidad, por ser ecosistemas altamente productivos, y estar ubicados en una de las regiones más lluviosas del mundo y por ende, tener una gran importancia en la estabilidad climática global); además, es una de las regiones que ha desarrollado muy pocos ejercicios de ordenación y planificación de bosques, que a diferencia del bosque húmedo tropical de la Amazonía, ya poseen inventarios forestales desarrollados a través de convenios entre la academia y CORPOAMAZONIA.

En virtud de lo anterior, y como resultado de los ejercicios piloto de validación y de la alianza entre el IDEAM, el DANE y el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial se consolida el documento marco de referencia metodológico que permita unificar la línea base de conocimiento sobre los ecosistemas de bosques en el país el “Diseño conceptual y metodológico del Inventario Forestal Nacional” el cual aporta elementos básicos para su realización y las necesidades para su puesta en marcha.

En este sentido la realización del Inventario Forestal Nacional constituye una oportunidad excepcional para fortalecer el conocimiento de la composición y estructura de los bosques, y renovar información estratégica que demanda el país.

3. OBJETIVOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA

3.1. Objetivo general

Medir, describir y evaluar los ecosistemas de bosques en Colombia con el fin de producir y proveer información (superficie, estado) de los ecosistemas de bosques; orientado a la ordenación con fines de administración del recurso (conservación, manejo y uso sostenible); que dé soporte a las decisiones para la formulación e implementación de la política nacional ambiental y sectorial”³

3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del IFN de Colombia son:

- Generar una metodología estandarizada que permita obtener información sobre la oferta (nacional y regional) de los ecosistemas de bosques en Colombia.
- Obtener datos armonizados de los bosques naturales de Colombia en diferentes niveles: ecosistemas boscosos, CAR y CDS, áreas hidrográficas y país, con altos estándares de calidad estadística.
- Proporcionar información nacional y regional, sobre los bosques naturales, de tal forma que se alimente el Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) y que concertado según el PMSB, sirva de apoyo para la formulación y ejecución de políticas nacionales, planes y programas ambientales y sectoriales de Colombia.
- Proveer de un marco metodológico de referencia y una ejecución coordinada para el desarrollo de inventarios forestales regionales, y nacional, a largo plazo, con calidad estadística, estandarización de técnicas y procedimientos y eficiente en tiempo y recursos.

4. ALCANCE DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA

El Inventario Forestal Nacional corresponde a una operación estadística mediante la cual se registran objetivamente variables de interés nacional, referidas al componente arbóreo de los bosques naturales de Colombia (dasometría, composición florística, estructura (horizontal y vertical), diversidad, biomasa, entre otras) con el fin de proveer información que requieren diferentes usuarios y que contribuye al monitoreo y seguimiento a los bosques, a la formulación de los planes de ordenación y a la administración sostenible este recurso, debe permitir la recolección, medición, evaluación e integración de información por regiones, sobre los ecosistemas forestales del País y dar soporte para la toma de decisiones del sector y para la política ambiental nacional

³ IDEAM- Mazuera, 2007 con el aporte de los Institutos de Investigación Ambiental, Car, Cads, Universidades e investigadores particulares, como resultado de los talleres regionales realizados entre octubre y diciembre de 2007).

Precisando este alcance se destaca que:

- El inventario forestal diseñado tiene *cobertura nacional* es decir abarca todos los bosques naturales de Colombia que estén identificados sobre **el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marítimos de Colombia (IDEAM, et ál. 2007)**.
- Es estandarizado es decir se basa en un diseño estadístico uniforme para todos los ecosistemas boscosos existentes en el país, construido sobre un marco geoestadístico que facilitará la selección y localización en campo de una muestra probabilística de áreas (conglomerado de árboles), estratificada (de acuerdo con los ecosistemas boscosos del mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos (IDEAM et ál., 2007), multietápico y de selección sistemática de las parcelas, lo cual garantizará estimaciones de los bosques naturales con un error estándar relativo del 10% o menos, con un nivel de confianza del 95% a nivel de las CAR; 5 al 10% a nivel de las 7 grandes cuencas hidrográficas y errores menores al 5% a nivel nacional.
- Incluye los aspectos metodológicos y de diseño de una operación estadística.
- Permite la recolección, medición, evaluación e integración de información de los bosques naturales por ecosistemas forestales, regiones Car y áreas hídricas.
- Identifica las principales perturbaciones al bosque natural.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1. ¿Qué es un inventario forestal, IF?

Se entiende por inventario forestal el procedimiento para obtener información necesaria para conocer, de manera confiable, las características fundamentales del bosque, tales como: área, localización y distribución por tipos de bosque, composición y estructura del bosque, calidad y condiciones de la masa forestal y cómo cambian los recursos a través del tiempo⁴.

Para la administración de los bosques, relacionada con el uso y manejo, conservación, restauración y ordenación, se requiere tomar decisiones, con fundamento en información veraz, confiable, oportuna, y que permita tener cierto grado de confiabilidad en la decisión tomada. En este sentido, el **inventario forestal** es el procedimiento que permite generar la información requerida y obtener la información con la confiabilidad necesaria para la apropiada toma de decisiones.

Según el Ministerio del Medio Ambiente -MMA, ACOFORE y OIMT- (2002), el inventario forestal se define como el método usado para conocer la información florística de los bosques naturales tropicales obteniendo información cualitativa y cuantitativa de acuerdo a los objetivos previstos, a la exactitud requerida y en un momento definido. No solo se refiere a la evaluación individual de los árboles, a su volumen y tamaño, sino a otros elementos que caracterizan el bosque, como la composición, la estructura, la función, la fauna y los suelos asociados, los cuales son importantes para la toma de

⁴ Orozco L y C. Brumer. 2002. CATIE.

decisiones. Los inventarios forestales pueden definirse como un procedimiento estadístico de tipo técnico -científico - operativo para recoger información cuantitativa y cualitativa sobre los recursos forestales, analizar y resumir esa información en una serie de datos estadísticos y presentarlos por medio de publicaciones que recojan la estimación (y su probable error) de los parámetros y variables forestales de interés, particularmente los indicadores definidos para los bosques naturales.

5.2. Tipos de inventarios forestales

Los inventarios forestales se clasifican de acuerdo con i) el método estadístico, ii) su objetivo (Malleux, 1982; Prodam *et ál.*, 1997; Louman, 2001), iii) el nivel de detalle (Suárez, 2002), iv) el nivel geográfico, entre otros.

- De acuerdo con el **método estadístico** o con la forma como se obtienen los datos, los inventarios pueden ser clasificados en: a) censo forestal (o inventario forestal al 100% como lo define el MAVDT) o, b) inventario por muestreo estadístico (que puede ser al azar, sistemático, bietapico, estratificado, por conglomerados, o por combinaciones de éstos). Es decir, un IF puede ser diseñado considerando el total de la muestra (censo) o tomando una parte de ella (muestreo estadístico).
- De acuerdo con el **objetivo los IF** más comunes pueden ser: con fines de ordenación forestal, con fines de aprovechamiento y manejo, con el fin de conocer la diversidad forestal, con fines de licenciamiento ambiental, con fines de manejo y restauración forestal, para definición de tratamientos silvícolas, como parte integral de estudios ecosistémicos o bióticos, para manejo de cuencas hidrográficas, para conocimiento de la biomasa, entre otros.
- De acuerdo con el **nivel de detalle** los IF pueden ser: a) detallados (que tienen errores de muestreo entre 5 y 10% y confiabilidad del 95%), b) semidetallados (con errores de muestreo hasta del 15% y 95% de confiabilidad), c) exploratorios (con errores de muestreo entre el 15 al 20% y confiabilidad entre el 90 y 95%) y d) generales (los límites del error de muestreo y la confiabilidad se definen según el objetivo). El IGAC (1974) clasificó los IF de acuerdo con la fracción de muestreo en a) detallados (fracción de muestreo superior al 1%), b) de reconocimiento (fracción de muestreo entre 0,01 y 0,1) y c) exploratorios (fracción de muestreo inferior al 0,01%).
- De acuerdo con el **nivel geográfico**, los inventarios forestales pueden ser: a) puntuales (solo en predio), b) locales (en varios predios dentro de una localidad o municipio), c) regionales (dentro de varios municipios en una región) o d) nacionales (en varias o todas las regiones de un país).

Sin embargo, todo IF debe incluir prioritariamente una definición del tipo de método estadístico con el que se obtendrá la información.

5.3. Definición del inventario forestal nacional - IFN

Cuando se trata de inventarios forestales nacionales, la misión es suministrar información, tanto para el país en conjunto, como para las desagregaciones territoriales que el país considere, sobre las variables de interés para los usuarios. Según el PNDF

(2000), el IFN constituye un instrumento básico para la ordenación y conservación de los recursos forestales, que permite identificar la oferta actual y su estado de preservación.

Bajo el contexto anterior el IFN de Colombia se define como la operación estadística mediante la cual se registran objetivamente variables de interés nacional (superficie, composición, estructura, diversidad forestal, entre otras), referidas a los bosques naturales de Colombia, con el fin de proveer información que requieren diferentes usuarios y que contribuye al monitoreo y seguimiento a los bosques, a la formulación de los planes de ordenación y a la administración sostenible este recurso en Colombia.

5.4. Enfoque conceptual del inventario forestal nacional de Colombia

El IFN de Colombia tiene el enfoque ecosistémico citado por el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF), que a su vez forma parte de la "Declaración de principios respecto de la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques", emanada de la Cumbre de Río (1992) y que fue utilizada por los cinco institutos de Investigación ambiental del país (IIAP, SINHI, VON HUMBOLT, INVEMAR e IDEAM) en la elaboración del Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (IIA e Igac, 2007).

Según Donoso Z.5, citado por MAVDT (2002), el enfoque ecosistémico es un concepto moderno para el manejo integral de la tierra, el agua y los recursos vivos, que propende por la conservación y el uso sostenible. Se fundamenta en conceptos científicos enfocados sobre los diferentes niveles de la organización biológica que abarcan la estructura esencial, procesos, funciones e interacciones entre los organismos y el medio ambiente, reconociendo al hombre, con su diversidad, como parte integrante de los ecosistemas.

Esta orientación metodológica del inventario forestal propuesto identifica 3 grandes biomas (desierto tropical, bosque seco tropical del Caribe y bosque húmedo tropical), 32 biomas y 302 ecosistemas (diferenciados por región geográfica); dentro de estos, 56 corresponden a ecosistemas boscosos, los cuales constituyen el objeto de estudio planteado para el IFN.

5.5. Características de la investigación estadística para el diseño del IFN

La propuesta metodológica para el diseño del Inventario Forestal Nacional que se presenta en este documento tiene las siguientes características técnicas:

Objetividad. La información producida debe ser confiable, fruto de un proceso científicamente demostrado, no subjetivo.

Pertinencia. La información producida por el IFN será la que requieren los usuarios (sociedad en general, instituciones nacionales e internacionales, ONG, etc.). Generar información que nadie requiere ni usa no es un objetivo del IFN.

⁵ DONOSO Z., Claudio. 1981. Ecología forestal, el bosque y su medio ambiente. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 369 p.

Flexibilidad. La investigación debe adaptarse a los posibles cambios institucionales, políticos, jurídicos y económicos, que se vayan presentando a todo nivel. También, debe ajustarse a nuevas necesidades de información de los usuarios a través del tiempo.

Adaptabilidad. Debe tener capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías, tales como: las Tecnologías de la información y las comunicaciones (tic's), la geomática, los sensores remotos y los sistemas de información geográfica, los métodos objetivos de información, el desarrollo de la informática, el empleo de marcos geoestadísticos de propósitos múltiples, las técnicas de los estimadores sintéticos, entre otros.

Homogeneidad. La recolección de la información, el procesamiento, periodicidad y desagregación de la información, deben estar sustentados a través de una metodología homogénea, que le de coherencia y consistencia interna a los resultados. Mientras existan diversas metodologías para la generación de información, no se contará con estadísticas que permitan hacer comparaciones y análisis en el tiempo, debido a esto, no serán confiables para la toma de decisiones.

Neutralidad. La información que arroje la investigación, y sus mecanismos de divulgación, deben beneficiar a todos, no solo a un grupo o sector del medio ambiente o la economía.

Eficiencia. La investigación debe demostrar que es el mejor diseño y la mejor alternativa respecto a otras existentes con igual grado de confiabilidad. Debe asegurarse también, el buen uso de los recursos en el tiempo y en el espacio.

Participativo. Durante todo el proceso, y en los diferentes niveles, debe contar con la participación activa de los usuarios, ya sea en el aspecto logístico, técnico, económico o de control. Esta participación, asegura en gran medida, la sostenibilidad de la investigación y el interés por mejorar la confiabilidad y oportunidad de la información.

Descentralizado. Si bien el diseño y la metodología son construidos participativamente y consolidados a nivel central, la ejecución será regional.

Integrado. Los resultados regionales deben permitir integrarse tanto en el análisis como en los universos de estudio (Marco Geoestadístico Nacional Único en Bosques).

Retroalimentado. Con base en los procesos de control y evaluación, la investigación debe alimentarse con las experiencias del pasado y ajustarse para poder afrontar las necesidades del futuro. En la figura No. 2 se relacionan los elementos de la propuesta de diseño del IFN. En la siguiente figura se resumen lo indicado anteriormente.

Períodos de referencia. Para la realización del IFN, el período de referencia de los indicadores y variables es el año calendario; para los indicadores de superficie, composición florística, estructura, volumen y biomasa el periodo de referencia particularmente es el día del levantamiento durante el año calendario de ejecución. Es importante que el periodo de referencia sea único y de tiempo corto, esto garantiza una comparabilidad más exacta de los indicadores y el análisis integrado de la información del inventario, hay que tener en cuenta que los bosques son un recurso vivo que reacciona ante los cambios del medio biofísico y factores antrópicos.

Período de observación: Es el período de tiempo durante el cual se efectúa el inventario forestal y debe caer, en este caso, dentro del año de referencia de la investigación, en todo caso debe ser más bien breve, aspecto esencial para evitar omisiones o duplicaciones debidas a cambios en la información compilada, por ejemplo modificaciones de la superficie de los bosques debido a incendios forestales, o variaciones en la composición debido al aprovechamiento. Los periodos de observación deben tener en cuenta el clima, las épocas de verano y de invierno, dependiendo de la localización de la muestra se deberá analizar el acceso a cada una de las unidades de muestreo, en algunos casos conviene la época de invierno (por ejemplo en manglares). El período de observación propuesto es el año calendario.

Frecuencia: Internacionalmente se recomienda investigaciones de los bosques naturales por lo menos cada diez años. Sin embargo, los países en los que se producen cambios rápidos en las estructuras de los bosques naturales quizás prefieran realizar los muestreos a intervalos quinquenales. Si el alcance de la investigación es muy limitado es más factible levantar un muestreo de bosques naturales cada tres años, que pueda brindar una información sobre cambios de corto plazo o un marco más actualizado para las investigaciones anuales por muestreo en los años intermedios. La propuesta del IFN para Colombia en cuanto a la frecuencia es quinquenal⁶.

Simultaneidad: La recolección de la información de las variables a investigarse a nivel de las unidades de muestreo se realiza en un mismo periodo de tiempo. La simultaneidad permite el manejo único y estandarizado de los periodos de referencia y el uso de los diferentes conceptos.

Comparabilidad: El IFN se desarrolla bajo el mismo marco conceptual de estudios anteriores realizados en el país por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, corporaciones autónomas regionales, IGAC y el sector privado, investigando similares variables estructurales, de tal forma que se puede comparar los resultados de las investigaciones. Esta comparación es de suma importancia, pues permite evaluar los cambios ocurridos en el país, los departamentos y los tipos de bosques durante las últimas décadas. Así mismo a partir de este inventario se crearía la línea base de la información en bosques naturales y de otras variables en el sector forestal.

Versatilidad: Los resultados del IFN, pueden satisfacer la demanda de los principales usuarios de la información del sector forestal. Esta dirigida principalmente a tomadores de decisión como línea base de la información sobre bosques que contribuya al diseño de políticas, planes, programas y proyectos de los sectores forestal y ambiental.

5.6. Componentes temáticos en el diseño del IFN

Los componentes temáticos del diseño del IFN son los siguientes:

⁶ La FAO desde su inicio (1945) promovió inventarios forestales nacionales quinquenales (1948, 1953, 1958 y 1963) y las ERF que en un principio fueron decadales (89, 90 y 2000) hoy son quinquenales (FRA, 2005).

Diseño estadístico: que incluye aspectos relacionados con el universo de estudio, el tamaño y selección de la muestra, la estimación de varianzas y errores de muestreo de los indicadores.

Diseño del marco geoestadístico y preparación de la muestra seleccionada, que incluye el componente cartográfico del IFN, tanto para el diseño como para la captura de datos.

Diseño de los instrumentos de la investigación: que incluye el diseño del formato de registro, el formato de control de calidad, el formato de reporte de monitoreo y seguimiento del operativo de campo, el diseño y elaboración de los manuales técnicos, la selección de los equipos para el levantamiento de los datos, entre otros.

Diseño del sistema de captura: que incluye la definición y selección del software y hardware para la captura de información.

Diseño del procesamiento en el cual se incluye el diseño o selección del hardware y software de procesamiento, el diseño de los algoritmos para las estimaciones, varianzas y errores de muestreo para cada indicador predefinido.

Diseño del operativo de campo: que incluye las fases del preoperativo y operativo propiamente. En este diseño se define la estructura institucional y de brigada de campo, los roles y funciones del personal de campo, la capacitación, selección y contratación del personal de campo, la definición de la logística y compra de insumos y elementos necesario para la ejecución del operativo de campo, la sensibilización de la población local, el diseño de la estructura de comunicaciones, salud y seguridad del personal de campo, el diseño de los desplazamientos y visitas de control al trabajo de campo, la celebración de convenios con entidades locales y regionales, entre otros.

Diseño, ejecución y evaluación de Pruebas piloto como parte del proceso de ajuste y validación de los instrumentos, métodos y diseño en general.

Diseño de costos y preparación del cronograma: lo cual incluye una preparación de los costos generales para la implementación del inventario en cada una de sus fases, así como el cronograma de ejecución.

5.7. Fases del diseño del IFN

El diseño del IFN incorpora el conocimiento y experiencia del país en el desarrollo de inventarios forestales, particularmente inventarios locales y regionales, así como las fases propias de un proyecto de investigación estadística, es decir, i) planificación y programación, ii) diseño, iii) producción estadística (ejecución y análisis), iv) evaluación y control, v) documentación y difusión⁷.

5.7.1. Fase de planificación y programación

En la **planificación** se manifiestan las necesidades de los usuarios que se traducen en objetivos, se programa y diseña la actividad estadística preliminar a la propia iniciación

⁷ Dane, 1998. Guía para documentar la actividad Estadística. Bogotá, Colombia. 52 p.

del trabajo. De las actividades que se desarrollan en ésta, depende de manera considerable la calidad de los resultados de la investigación. Así por ejemplo, si la formulación de los objetivos del IFN no es planteada claramente, puede caerse en el error de recolectar datos que resuelven problemas diferentes al planteado.

En la **programación** se concibe, organiza y planea la investigación estadística. A partir de los objetivos y la delimitación del problema se determinan las actividades a desarrollar y establecen los respectivos cronogramas, lo mismo que el presupuesto necesario para su realización, además se elabora un plan de trabajo, a partir del cual se puede realizar un análisis financiero preliminar, es decir, se estima cuánto cuesta la investigación. La planificación y el plan de trabajo de la operación estadística se preparan con años o meses de anticipación a la realización del IFN.

5.7.2. Fase de diseño

En la fase del **diseño** se realizan los preparativos técnicos y se identifican y describen las metodologías que constituyen y determinan el cuerpo operativo de la investigación estadística. El diseño incluye la definición y concreción de: el método estadístico, los instrumentos de investigación, el operativo de campo, las pruebas piloto, los programas de captura, los programa de procesamiento, la producción de resultados, el control de calidad, la evaluación y la documentación de la investigación.

La metodología de muestreo define las técnicas para seleccionar la muestra probabilística y los métodos para obtener estimaciones de las características de la población a partir de una muestra seleccionada. En el caso del IFN se levanta información de los bosques naturales, la vegetación secundaria y los manglares definidos en el mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, con base en una muestra probabilística.

Toda investigación estadística cuenta con marco geoestadístico, mediante este instrumento se identifica la población de estudio y cada uno de los elementos que la componen. Hoy los marcos geoestadísticos se diseñan bajo la conceptualización de un Sistema de Información Geográfica - SIG, el cual permite concretar tres elementos esenciales del mismo: Identificación, localización y caracterización de los elementos de estudio. El marco geoestadístico provee los elementos para la preparación del material geográfico necesario para el levantamiento de datos en campo, cada unidad de muestreo o unidad de observación (elemento de estudio).

Una vez adoptada la decisión sobre el alcance y la cobertura del muestreo, se diseña el formato de registro a fin de obtener la información pertinente de una forma ordenada y coordinada. El formato de registro es el documento más básico e importante del IFN, porque se convierte en el vehículo para recoger la información de una forma conveniente, metódica y objetiva.

Por lo general, para obtener los datos de una operación estadística, se consideran tres métodos: 1) auto enumeración, 2) entrevistas y 3) mediciones objetivas. En el IFN se utilizara las mediciones objetivas, que consisten en tomar los datos mediante mediciones directas en los bosques. El diseño incluye los procedimientos metodológicos para realizar dichas mediciones, de tal forma que se proceda de manera homogénea en todos los casos y bosques del país.

El diseño del operativo de campo es una fase esencial de la operación estadística y el éxito de este dependerá de que se haga rápida, eficiente y por métodos acreditados. Un aspecto esencial en los operativos de campo es la capacitación del personal responsable del levantamiento de datos, aspecto que el diseño ha previsto, como se menciona más adelante.

Las pruebas piloto son una parte crítica del proceso de planificación de las operaciones estadísticas; ofrecen la oportunidad de ensayar todos los aspectos técnicos de la operación estadística antes de realizar las actividades de muestreo principales, garantizando así el fácil desarrollo y el éxito de la operación estadística. En el diseño del IFN se realizaron tres pruebas piloto, las cuales permitieron ajustar el presente diseño.

5.7.3. Fase de producción estadística

La **producción estadística** corresponde a la consecución de la información, su procesamiento, obtención de resultados y posterior análisis, de acuerdo con metodologías elaboradas para tal fin. Comprende las etapas de ejecución y análisis de resultados.

La **ejecución** es la puesta en marcha de todos los procedimientos y la aplicación de los instrumentos previamente diseñados, es decir, consiste en la toma directa de los datos. La ejecución abarca varias actividades como: la construcción del marco geoestadístico, la implementación del operativo de campo que incluye: preoperativo, ajuste cartográfico, selección del personal, capacitación, levantamiento de los datos en campo, el control de calidad, la validación y la captura de información en los software respectivos. Abarca la evaluación y la emisión de boletines de avance.

En el **análisis** se aplican los métodos de estimación y de análisis estadísticos elegidos y se lleva a cabo una adecuada interpretación de los resultados obtenidos. Igualmente, se elaboran los informes y fichas técnicas referentes al desarrollo de la investigación y todos los aspectos metodológicos, operacionales y los procedimientos de control de calidad en cada una de las etapas.

5.7.4. Fase de evaluación y control

El **control** está orientado a las acciones preventivas (aseguramiento) que se desarrollan durante la planificación y, a las acciones correctivas que se toman cuando se este ejecutado el IFN, en caso de presentar diferencias frente a lo diseñado. Se realiza con el fin de garantizar la calidad en cada una de las etapas y procesos diseñados.

La **evaluación** es el contraste entre los objetivos de la investigación con el producto estadístico final. Se realiza de forma global a través del análisis de los coeficientes de variación, las tasas de respuesta y no respuesta, cobertura, de error en la crítica, codificación, grabación, verificación e imputación. También, se efectúa una evaluación cualitativa en los productos intermedios de cada etapa, tales como: cuadros de salida (plan de resultados), glosario, formato de registro, muestra, programas, capacitación, recolección, procesamiento.

5.7.5. Fase de documentación y difusión

La **documentación** constituye la memoria institucional, dado que ésta permite conservar o retener los contenidos de la investigación, por tal motivo, es importante y durante todo el proceso de diseño e implementación del IFN deben documentarse cada actividad realizada y todos los aspectos técnicos, metodológicos y operativos en cada una de las etapas y fases, incluyendo las pruebas piloto realizadas.

La **difusión** es un servicio al cliente o usuario, a la sociedad y es, en general, el elemento clave que facilita la elaboración de los diferentes soportes de información que requiere el país para el desarrollo e implementación de políticas económicas y sociales. La difusión debe satisfacer la demanda cambiante, mantener un flujo de comunicación tanto al interior de la Institución como con los usuarios externos (retroalimentación), consolidar la imagen de utilidad, calidad y objetividad de la entidad, y contribuir a la confianza en las estadísticas; y dentro de un programa de cultura estadística, generar capacidad de uso de los resultados de las investigaciones mediante cursos, seminarios, etc.

La investigación estadística como tal y sus respectivas etapas son, en realidad; procesos, en los cuales se tienen especificaciones o insumos como entradas y mediante una transformación se obtienen productos o servicios. Durante todo el proceso de investigación estadística debe considerarse, con una alta prioridad, el aseguramiento de la calidad mediante la aplicación de una serie de acciones preventivas, tendientes a anticipar los problemas antes de iniciar los respectivos procesos y dar los pasos apropiados para evitar o minimizar los errores y así, disminuir el impacto que éstos pueden tener sobre la oportunidad, los costos y la precisión. Esto debe hacerse, principalmente, en la etapa de planificación.

El diseño del IFN que se presenta a continuación se estructura en 12 capítulos organizados de acuerdo a la estructura de una investigación estadística, iniciando con el marco estadístico y terminando con la gestión institucional para la ejecución de la investigación.

5.8. Definición de bosque natural⁸

La definición adoptada por el IDEAM para el manejo de bosque natural dentro del IFN es: “Para la identificación y clasificación en terreno de los bosques naturales, los criterios son: se entenderá como bosque aquella unidad de análisis que corresponde a una superficie mínima de 250 m² en la que se presentan elementos arbóreos cuya altura es igual o superior a 5 metros o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos in situ. Con una cobertura de copas del estrato superior de por lo menos 30%, distribuida en el área establecida. Se caracterizan por tener varios estratos; desde un tapete de plántulas de especies restringidas a la parte inferior del bosque, plantas reptantes o de bajo porte y herbáceas o poco lignificadas (sotobosque), hasta una

⁸ IDEAM, 2009. Esta definición se establece únicamente para efectos del análisis de los bosques naturales en el Inventario Forestal Nacional y es el resultado de varias jornadas de discusión entre expertos forestales y biólogos del Instituto.

bóveda o dosel formado por arboles de altura considerable, en cuyas copas frondosas se albergan otras especies animales y vegetales.

Bajo el termino de bosques naturales se incluyen los siguientes denominaciones de bosques; bosques primarios y secundarios, bosques naturales intervenidos, relictos o remanentes de bosques naturales, bosques naturales fragmentados, bosques naturales densos o ralos, bosques de galería o riparios, tipos de bosques (Mangle, catival, sajal – cuangarial, natal, robledal, los bosques naturales según paisajes fisiográficos; terrazas, colinas, serranías, valles y montaña, etc.).

1. La definición incluye:

Los bosques naturales existentes en los en los parques nacionales, reservas de la sociedad civil, áreas de reserva forestal, zonas de Reservas de Ley 2 de 1959, resguardos indígenas, área de afrodescendientes y otras áreas protegidas tales como aquellas de interés específicamente científico, histórico, cultural o espiritual. Así mismo se incluyen las plantaciones de carácter protector situadas en nacimientos de cuencas hidrográficas así como márgenes hídricas.

2. La definición excluye:

1. Las plantaciones forestales de producción y de producción - protección.
2. Las áreas cubiertas de guadua y palmas (canangucha o morichales, naidizales, etc.)
3. Las formaciones de árboles naturales en los sistemas de producción agrícola y pecuario por ejemplo los sistemas agroforestales en donde coexisten componentes silvícolas correspondiente a plantaciones forestales y el componente agrícola correspondiente a cultivos permanentes y cultivos transitorios; los sistemas silvopastoriles donde se mezclan los componentes silvícolas y pastoriles y los agrosilvopastoriles con la presencia de los tres componentes, silvícola, agrícola y pastoril; sabanas arboladas. El término también excluye los bosques y árboles en las áreas urbanas.
4. Las cortinas cortavientos, cinturas o cercas protectoras y corredores de árboles plantados.

De acuerdo al mapa de ecosistemas del IDEAM - 2007 se excluyen todas las coberturas distintas a bosque natural, manglar y vegetación secundaria tales como: arbustales, herbazales, herbáceas y arbustivas, sabanas arboladas y arbustivas.”

6. DISEÑO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO DEL IFN

6.1. Marco geoestadístico y cartografía del IFN

El Marco Geoestadístico del Inventario Forestal Nacional (IFN) constituye una herramienta indispensable en las investigaciones estadísticas de los bosques naturales para la identificación, localización y caracterización del universo de estudio, la selección y localización en terreno de la muestra del IFN, la planificación y ejecución del operativo de campo, así como para la publicación de resultados y análisis Geoestadístico de los bosques naturales. Este instrumento tiene como base geoespacial una grilla de equidistancias nacional que contiene las unidades primarias de muestreo, las cuales, de

acuerdo al diseño estadístico, serán potencialmente seleccionables para definir la muestra del IFN.

6.1.1. Definición de marco geoestadístico

Un Marco Geoestadístico se puede definir como el Instrumento que identifica el universo de estudio y el espacio geográfico en el que se encuentra, el cual constituye el medio de acceso a la población de estudio así como apoyo para la planificación y desarrollo del operativo de campo, y que a su vez es definido con fines estadísticos (DANE, Construcción del Marco Geoestadístico del Censo del Árbol Urbano, 2006).

De acuerdo a reuniones técnicas realizadas con el grupo de diseño del IFN, se ha definido que el Marco Geoestadístico del IFN corresponde a un marco de áreas con límites imaginarios, que en general es el marco que se utiliza en el mundo en la ejecución de inventarios forestales (FIA del Servicio Forestal de los EEUU, Canadá, Europa y países suramericanos como Argentina, Chile, Venezuela, Brasil, entre otros).

El Marco Geoestadístico tiene entre otras funciones georreferenciar cartográficamente las elementos objeto de estudio, que para el caso del IFN, corresponde a los bosques naturales de Colombia.

6.1.2. Metodología de construcción del marco geoestadístico

Los pasos a seguir, de forma global, para la estructuración del Marco Geoestadístico del IFN son los siguientes:

Determinación del universo de estudio: la primera actividad a realizar se refiere a la selección de las unidades cartográficas que servirán como base para la estructuración del Marco Geoestadístico. En el caso del presente proyecto, la base temática y cartográfica primaria la constituyen los ecosistemas que contienen bosque natural, vegetación secundaria y bosque de manglar, según el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM *et. ál.*, 2007).

Definición de los niveles de estimación: estos niveles indican los niveles mínimos geográficos y temáticos de las estimaciones definidas en el diseño de la muestra para los cuales se tienen los resultados del IFN, partiendo de los datos obtenidos en la muestra para inferir el comportamiento de la población total de acuerdo a los indicadores seleccionados. Para el caso del proyecto, los niveles de estimación se han establecido de la siguiente manera en su orden: corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible, gran área hídrica y país.

Estratificación del universo de estudio: dada la alta variabilidad de los ecosistemas de bosques, es necesario crear estratos homogéneos a su interior y heterogéneos entre estratos. La estratificación debe reflejar la variabilidad de los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas de bosques y su conceptualización parte del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia mencionado anteriormente.

Tamaño de las unidades de muestreo: estas unidades están definidas de acuerdo a criterios estadísticos, temáticos y operativos del inventario, así como a la variabilidad de

los elementos objeto de estudio. Para el caso del IFN, se ha definido en principio **Unidades Primarias de Muestreo (UPM)** de 1 km².⁹

Generación de la malla de equidistancias: con el fin de ubicar las unidades muestrales al interior del universo de estudio en la cartografía del inventario, es necesario generar una malla que permita georreferenciar dichas unidades con la precisión requerida. Esta malla se construye a partir del índice cartográfico del país que está ajustado a los cinco orígenes nacionales (este -este; este; centro; oeste; oeste-oeste), con el propósito de reducir el error en la estimación de superficies debido a la curvatura terrestre. De esta forma, se construye una cobertura cartográfica con topología de polígonos que cubra el 100% del territorio nacional, con unidades que contengan las dimensiones establecidas anteriormente para el inventario.

Codificación: la estructura de la malla de equidistancias debe contener una serie de códigos por cada unidad muestral que reflejen el departamento, municipio, corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible, estrato y subestrato al que pertenece. La definición de los estratos y subestratos que determinan la estratificación del universo de estudio se definen más adelante. A continuación, se resume las etapas de construcción del marco geoestadístico de los bosques naturales (Figura 1).



Figura 1. Etapas de la construcción del Marco geoestadístico de bosques naturales

⁹ Las UPM's fueron seleccionadas con tamaños de 1 km x 1 km, teniendo en cuenta que los *cambios altitudinales* de la de vegetación se establecen principalmente cada 1000 m, lo que permite evaluar el efecto de la altitud sobre los bosques y su composición florística. Ver: Institut für Geographie der Universität Innsbruck. Espacios naturales de Latinoamérica. [en línea]. Desde la tierra del Fuego hasta el Caribe. Axel Borsdorf, Carlos Dávila, Hannes Hoffert, Carmen Isabel Tinoco Rangel. [ref. de 16 de enero 2009]. Disponible en Web: <http://www.lateinamerika-studien.at/content/natur/naturesp/natur-885.html>

*La unidad de estudio hace referencia a los ecosistemas con bosques naturales del país según el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia IDEAM, et. al., 2007. Para ver información referente a la definición de los ecosistemas en general, su estructura, variables, entre otras, se puede remitir a este documento publicado en 2007 por la institucionalidad ambiental.

6.1.3. Universo de estudio

En el presente proyecto se tiene en cuenta la definición de bosques naturales definido en el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, IDEAM et. al.,2007, la cual dicta que los bosques naturales son comunidades vegetales dominadas por árboles de altura promedio superior a 5 m y con densidad de copas superior al 70%; incluye bosques densos, fragmentados, de galería o riparios y manglares. De la misma forma, teniendo como base el Mapa de Ecosistemas, se ha identificado como universo de estudio los ecosistemas que contienen **bosque natural, vegetación secundaria y bosque de manglar**, los cuales suman 69'394.812, 85 ha.

6.1.3.1. Proceso de obtención del universo de estudio

Una vez se estructura la grilla de equidistancias, la cual se detallará más adelante, se estratifica cartográficamente el universo de estudio previamente identificado y mapeado. De acuerdo a la Figura 2, el universo de estudio del proyecto se obtiene de la unidad de estudio donde se localizan los bosques naturales, vegetación secundaria y bosques de manglar, es decir, del Mapa de Ecosistemas, a través de un proceso de selección donde su resultado se almacena cartográficamente en un archivo distinto sea en medio análogo o digital (tipo shapefile, cobertura, entre otros).

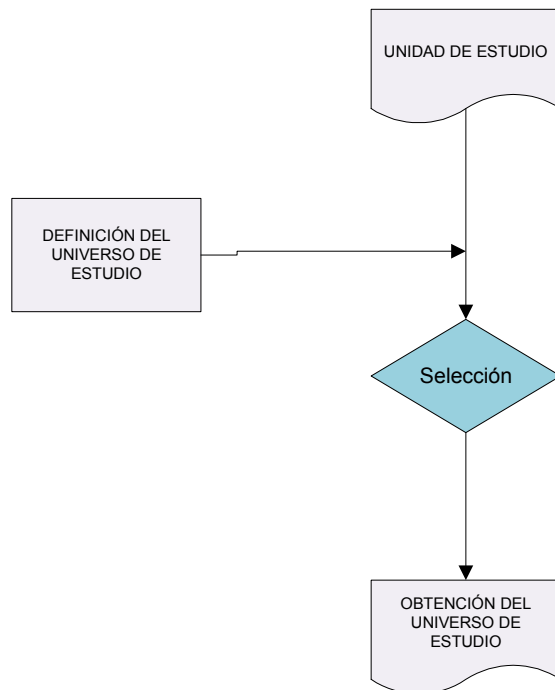


Figura 2. Proceso para la obtención del universo de estudio

6.1.3.2. Estratificación y subestratificación

La estratificación del un universo de estudio tiene por objeto reducir la variabilidad de sus elementos, y por ende, disminuir tamaños de muestra manteniendo los errores de muestreo e indicadores de cálculo. Estas consideraciones repercuten en los costos de los operativos de campo, haciendo el diseño del inventario eficiente desde el punto de vista técnico y operativo. Para el caso del IFN, se identifican inicialmente dos grandes estratos, ecosistemas con bosque natural, bosque de manglar y vegetación secundaria y todos los demás ecosistemas diferentes a los anteriores; la subestratificación se determina de acuerdo a los ecosistemas e intensidad de cobertura boscosa al interior de cada UPM.

Teniendo en cuenta que el diseño del IFN parte desde el nivel de estimación regional, los niveles de estratificación se han establecido de la siguiente manera:

Estrato de ecosistemas con y sin bosques naturales, vegetación secundaria y bosques de manglar

De acuerdo al Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM *et ál.* 2007), es posible identificar los ecosistemas que conforman el universo de estudio, los cuales se resumen en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Ecosistemas con bosque natural, vegetación secundaria y bosque de manglar que conforman el universo de estudio

CÓD.	ECOSISTEMA	ÁREA (Ha)
131	Bosques naturales del zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta	2.000,14
132	Vegetación secundaria del zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta	485,24
231	Bosques naturales del helobioma de La Guajira	2.014,41
331	Bosques naturales del zonobioma seco tropical del Caribe	168.587,11
332	Vegetación secundaria del zonobioma seco tropical del Caribe	712.223,95
430	Manglar del Caribe	76.861,55
431	Bosques naturales del halobioma del Caribe	27.400,47
432	Vegetación secundaria del halobioma del Caribe	21.547,71
531	Bosques naturales del zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	1.198,27
532	Vegetación secundaria del zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	177.027,15
632	Vegetación secundaria del zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	50.347,70
732	Vegetación secundaria del helobioma del Valle del Cauca	1.186,56
831	Bosques naturales del zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia	29.387.323,28
832	Vegetación secundaria del zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia	120.748,82

CÓD.	ECOSISTEMA	ÁREA (Ha)
931	Bosques naturales del helobioma Amazonia y Orinoquia	6.166.543,79
932	Vegetación secundaria del helobioma Amazonia y Orinoquia	250.732,86
1031	Bosques naturales del peinobioma de la Amazonia y Orinoquia	2.942.866,20
1032	Vegetación secundaria del peinobioma de la Amazonia y Orinoquia	112.366,87
1131	Bosques naturales del litobioma de la Amazonia y Orinoquia	6.547.623,08
1132	Vegetación secundaria del litobioma de la Amazonia y Orinoquia	9.552,44
1231	Bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato	2.278.623,36
1232	Vegetación secundaria del zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato	772.303,08
1331	Bosques naturales del helobioma Pacífico y Atrato	441.605,42
1332	Vegetación secundaria del helobioma Pacífico y Atrato	296.103,77
1430	Manglar del Pacífico	231.641,51
1431	Bosques naturales del halobioma del Pacífico	166.819,99
1432	Vegetación secundaria del halobioma del Pacífico	60.208,25
1531	Bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	1.041.667,36
1532	Vegetación secundaria del zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	481.152,12
1631	Bosques naturales del helobioma Magdalena y Caribe	258.696,03
1632	Vegetación secundaria del helobioma Magdalena y Caribe	351.379,57
1731	Bosques naturales del zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	126.368,64
1732	Vegetación secundaria del zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	13.742,56
1831	Bosques naturales del helobioma del río Zulia	696,91
1931	Bosques naturales del orobioma bajo de los Andes	5.186.634,47
1932	Vegetación secundaria del orobioma bajo de los Andes	2.907.960,74
2031	Bosques naturales del orobioma medio de los Andes	3.076.225,41
2032	Vegetación secundaria del orobioma medio de los Andes	842.907,46
2131	Bosques naturales del orobioma alto de los Andes	943.056,69
2132	Vegetación secundaria del orobioma alto de los Andes	111.166,20
2231	Bosques naturales del orobioma azonal de Cúcuta	5.899,15
2232	Vegetación secundaria del orobioma azonal de Cúcuta	34.561,32
2431	Bosques naturales del orobioma azonal del río Sogamoso	193,41
2432	Vegetación secundaria del orobioma azonal del río Sogamoso	3.609,98
2531	Bosques naturales del orobioma azonal del Valle del Patía	1.344,87
2532	Vegetación secundaria del orobioma azonal del Valle del Patía	37.291,81
2632	Vegetación secundaria del helobioma andino	116,44
2731	Bosques naturales del orobioma de la serranía de San Lucas	582.914,94
2732	Vegetación secundaria del orobioma de la serranía de San Lucas	154.791,62
2831	Bosques naturales del orobioma de La Macarena	216.470,01

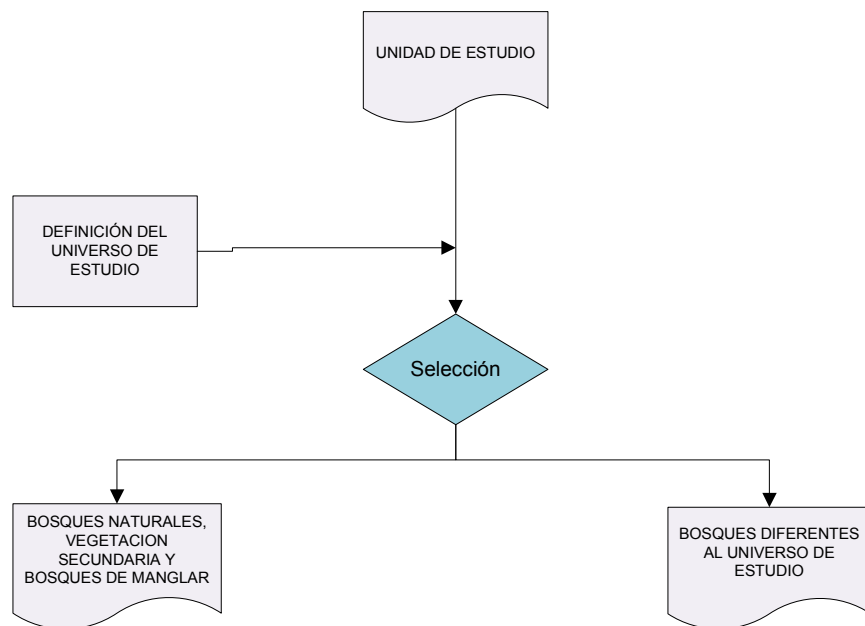
CÓD.	ECOSISTEMA	ÁREA (Ha)
2931	Bosques naturales del orobioma de la serranía del Baudó y Darién	932.585,75
2932	Vegetación secundaria del orobioma de la serranía del Baudó y Darién	294.726,13
3031	Bosques naturales del orobioma bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira	315.171,17
3032	Vegetación secundaria del orobioma bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira	324.836,41
3131	Bosques naturales del orobioma medio de la Sierra Nevada de Santa Marta	102.132,54
3132	Vegetación secundaria del orobioma medio de la Sierra Nevada de Santa Marta	2.381,83
3231	Bosques naturales del orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta	15.314,10
3232	Vegetación secundaria del orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta	514,78
3330	Manglar de San Andrés y Providencia	179,28
3332	Vegetación secundaria del bioma insular Caribe	2.180,18
TOTAL		69.394.812,85

Fuente: Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, IDEAM *et. al.*, 2007.

6.1.3.3. Proceso para seleccionar el universo de estudio

Este primer estrato contempla la diferenciación de los ecosistemas con bosques pertenecientes al universo de estudio de los demás. En la siguiente figura, se ilustra de forma general este proceso, el cual se puede adelantar, si se trata de un medio digital, con cualquier software que permita realizar edición de cartografía y análisis espacial¹⁰.

¹⁰ ArcGIS, ArcVIEW, GRASS, etc.



Fuente Este informe

Figura 3. Diferenciación de los ecosistemas pertenecientes al universo de estudio de los demás ecosistemas del país.

Estrato de superficies en bosques naturales

En este nivel de estratificación, las UPM¹¹ se clasifican bajo tres categorías diferenciadas de acuerdo a su contenido de bosques naturales (ecosistemas del universo de estudio) de la siguiente forma:

ESTRATO 10: UPM que estén cubiertas entre un 70 y 100% de su área total por ecosistemas de bosque natural.

ESTRATO 20: UPM que estén cubiertas entre un 30 y 69% de su área total por ecosistemas de bosque natural.

ESTRATO 30: UPM que estén cubiertas entre un 10 y 29% de su área total por ecosistemas de bosque natural.

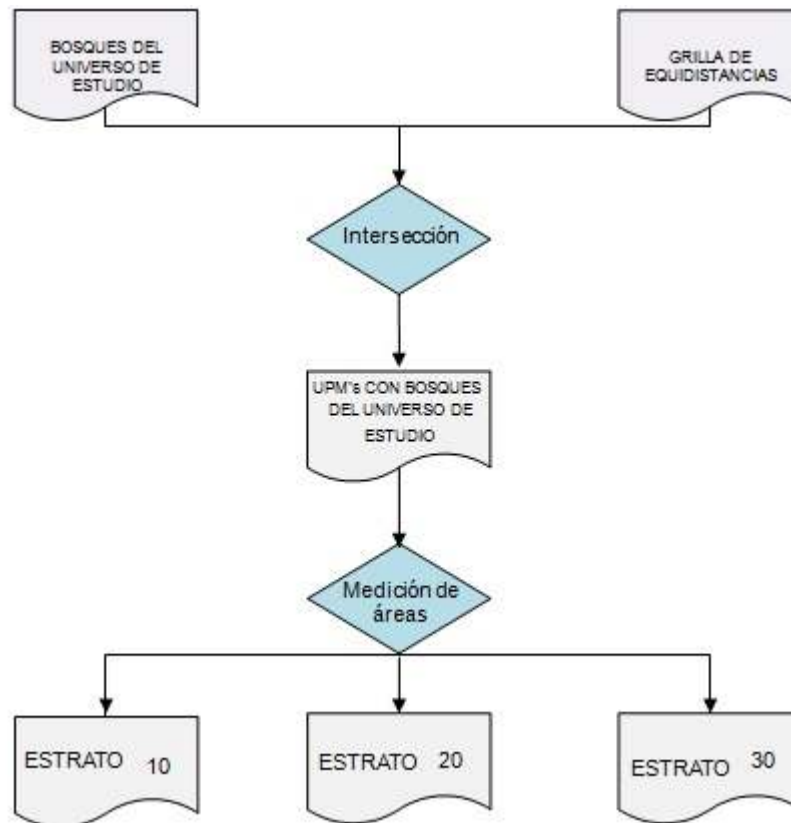
Una UPM clasificada en estrato 10 debe tener más del 70% de su área cubierta por un ecosistema de bosque natural, bosque de manglar y/o vegetación secundaria. Para que una UPM pertenezca al estrato 20, debe estar cubierta entre un 30% y 70% de su área por uno o varios bosques del universo de estudio.

De la misma forma, una UPM clasificada en estrato 30 corresponde a aquellas cuya área está cubierta entre un 10% y 30% por cualquiera de los ecosistemas del universo de estudio.

¹¹ Una UPM se estructura a partir de la malla de equidistancias que se explica en el siguiente numeral de este capítulo, y su tamaño es de 1 km X 1 km.

6.1.3.4. Proceso para estratificación de las UPM

La **estratificación** comienza al unir, mediante una intersección, el Universo de estudio con la Grilla de equidistancias del proyecto, para así obtener las UPM que contienen en su interior solo los bosques objetivo del proyecto. Posteriormente, se realiza una medición de cada UPM para establecer el cubrimiento de área de los bosques en su interior. De acuerdo a los resultados, se hace la clasificación según los criterios mencionados anteriormente en los estratos 10, 20 o 30. El proceso para la clasificación de cada UPM en los estratos mencionados, se ilustra en la Figura 4.



Fuente Este informe

Figura 4. Proceso de estratificación de las UPM del universo de estudio

Subestratificación

Al igual que en la estratificación por superficie en bosques naturales, las UPM se deben caracterizar, además, por el ecosistema predominante en su interior para el caso en el que existan dos o más ecosistemas del universo de estudio en una misma UPM, de esta forma, se clasifica según el ecosistema que reporte mayor área.

Para realizar la subestratificación de cada UPM se han agrupado varias coberturas por un mismo bioma¹², resultando así el Cuadro 2 que además relaciona el estrato en su

¹² Un bioma corresponde a una unidad espacial caracterizada por factores climáticos, pedológicos, fisiográficos, entre otros. Para ver mayor información al respecto, remitirse al estudio "Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, IDEAM et. al., 2007.

primera que además relaciona el estrato en su primera columna, el porcentaje de ecosistema del universo de estudio en la UPM, el código del ecosistema de acuerdo al Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM *et. ál.* 2007) y el área que abarca en el país.

Si la UPM que se está subestratificando cuenta con un solo tipo de bosque del universo de estudio en su interior, se procede a codificar de acuerdo a la numeración previamente establecida. Si hay dos o más tipos de bosque en una misma UPM, se debe cuantificar el área de cada uno de éstos y seleccionar el que reporte mayor cubrimiento sobre la UPM en cuestión; posteriormente, se codifica con el número que le corresponda a dicho tipo de bosque según la tabla subestratificación previamente elaborada.

6.1.3.5. Proceso de subestratificación

Una vez se tiene estratificada la grilla de equidistancia de acuerdo al área de los bosques del universo de estudio que hay al interior de cada UPM, se procede a realizar el proceso de subestratificación. En la Figura 5 se ilustra el proceso de subestratificación de las UPM's que se han estratificado previamente:

Cuadro 2. Estratificación, substratificación y área.

Estrato	Sub-Estrato	Nombre y definición	% de Ecosistemas con bosque natural, veg. Secundaria y/manglar por UPM	Códigos según mapa de ecosistemas (2007)	Área (ha)
10		<p>Superficie total o casi totalmente en bosques naturales</p> <p>Son tierras cubiertas del 70 - 100% por bosques naturales o vegetación secundaria de bosque natural. El resto pueden ser pequeñas áreas de otras coberturas (que no lleguen a cubrir el 30% de la superficie total de una UPM) de plantaciones forestales, herbazales, arbustales, herbáceas y arbustivas costeras, pastos, zonas desnudas, áreas agrícolas heterogéneas, cultivos permanentes y semipermanentes, pastos, hidrofítia continental, áreas mayormente alteradas, áreas urbanas, zonas desnudas, afloramiento rocoso, aguas continentales naturales, lagunas costeras y estuarios.</p>	70 - 100		
	11	Bosques naturales y vegetación secundaria del zoniobioma del desierto tropical		131, 132	2.485,37
	12	Bosques naturales del helobioma del desierto tropical		231	2.014,41
	13	Bosques naturales y vegetación secundaria del zoniobioma seco tropical		331, 332	880.811,06
	14	Manglar del halobioma seco tropical		430	76.861,55
	15	Bosques naturales y vegetación secundaria del halobioma seco tropical		431, 432	48.948,19
	16	Bosques naturales y vegetación secundaria del zoniobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical		531, 532, 632	228.573,12
	17	Vegetación secundaria del helobioma seco tropical		732	1.186,56
	18	Bosques naturales y vegetación secundaria del zoniobioma húmedo tropical		831, 832, 1231, 1232, 1531, 1532, 1731, 1732	34.221.929,21
	19	Bosques naturales y vegetación secundaria del helobioma húmedo tropical		931, 932, 1331, 1332, 1631, 1632	7.765.061,44

Estrato	Sub-Estrato	Nombre y definición	% de Ecosistemas con bosque natural, veg. Secundaria y/manglar por UPM	Códigos según mapa de ecosistemas (2007)	Área (ha)
	20	Bosques naturales del helobioma del río Zulia		1831	696,91
	21	Bosques naturales y vegetación secundaria del peinobioma húmedo tropical		1031, 1032	3.055.233,07
	22	Bosques naturales y vegetación secundaria del litobioma húmedo tropical		1131, 1132	6.557.175,52
	23	Manglar de San Andrés y Providencia y Santa Catalina		3330	179,28
	24	Vegetación secundaria del bioma insular caribe		3332	2.180,18
	25	Manglar del bosque húmedo tropical		1430	231.641,51
	26	Bosques naturales y vegetación secundaria del halobioma húmedo tropical		1431, 1432	227.028,24
	27	Vegetación secundaria del helobioma andino		2632	116,44
	28	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobiomaazonal del bosque húmedo tropical		2231, 2232, 2431, 2432, 2531, 2532	82.900,55
	29	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma de San Lucas		2731, 2732	737.706,56
	30	Bosques naturales del orobioma de La Macarena		2831	216.470,01
	31	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma del Baudó-Darién		2931, 2932	1.227.311,88
	32	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma bajo de los Andes		1931, 1932	8.094.595,21

Estrato	Sub-Estrato	Nombre y definición	% de Ecosistemas con bosque natural, veg. Secundaria y/manglar por UPM	Códigos según mapa de ecosistemas (2007)	Área (ha)
	33	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira		3031, 3032	640.007,58
	34	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma medio de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira		3131, 3132	104.514,37
	35	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma medio de los Andes		2031, 2032	3.919.132,87
	36	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira		3231, 3232	15.828,89
	37	Bosques naturales y vegetación secundaria del orobioma alto de los Andes		2131, 2132	1.054.222,89
		TOTAL			69.394.812,85
20		Superficies semicubiertos de bosques naturales Son tierras cubiertas del 30 - 69% por bosques naturales o vegetación secundaria de bosque natural. El resto pueden ser medianas áreas de otras coberturas (que cubran entre el 30% y 69% de la superficie total de una UPM) de plantaciones forestales, herbazales, arbustales, herbáceas y arbustivas costeras, pastos, zonas desnudas, áreas agrícolas heterogéneas, cultivos permanentes y semipermanentes, pastos, hidrofítia continental, áreas mayormente alteradas, áreas urbanas, zonas desnudas, afloramiento rocoso, aguas continentales naturales, lagunas costeras y estuarios. IDEM al Estrato 10	30 – 69	IDEM al estrato 10	IDEM al estrato 10
30		Superficies marginalmente cubierto de bosques naturales Son tierras cubiertas del 10 - 29% por bosques naturales o vegetación secundaria de bosque natural. El resto pueden ser grandes áreas de otras coberturas (que cubran entre el 70% y 89% de la superficie total de una UPM) de plantaciones forestales, herbazales, arbustales, herbáceas y arbustivas costeras, pastos, zonas desnudas, áreas agrícolas heterogéneas, cultivos permanentes y semipermanentes, pastos, hidrofítia continental, áreas mayormente alteradas, áreas urbanas, zonas desnudas, afloramiento rocoso, aguas continentales naturales, lagunas costeras y estuarios. IDEM al Estrato 10	10. – 29	IDEM al estrato 10	IDEM al estrato 10

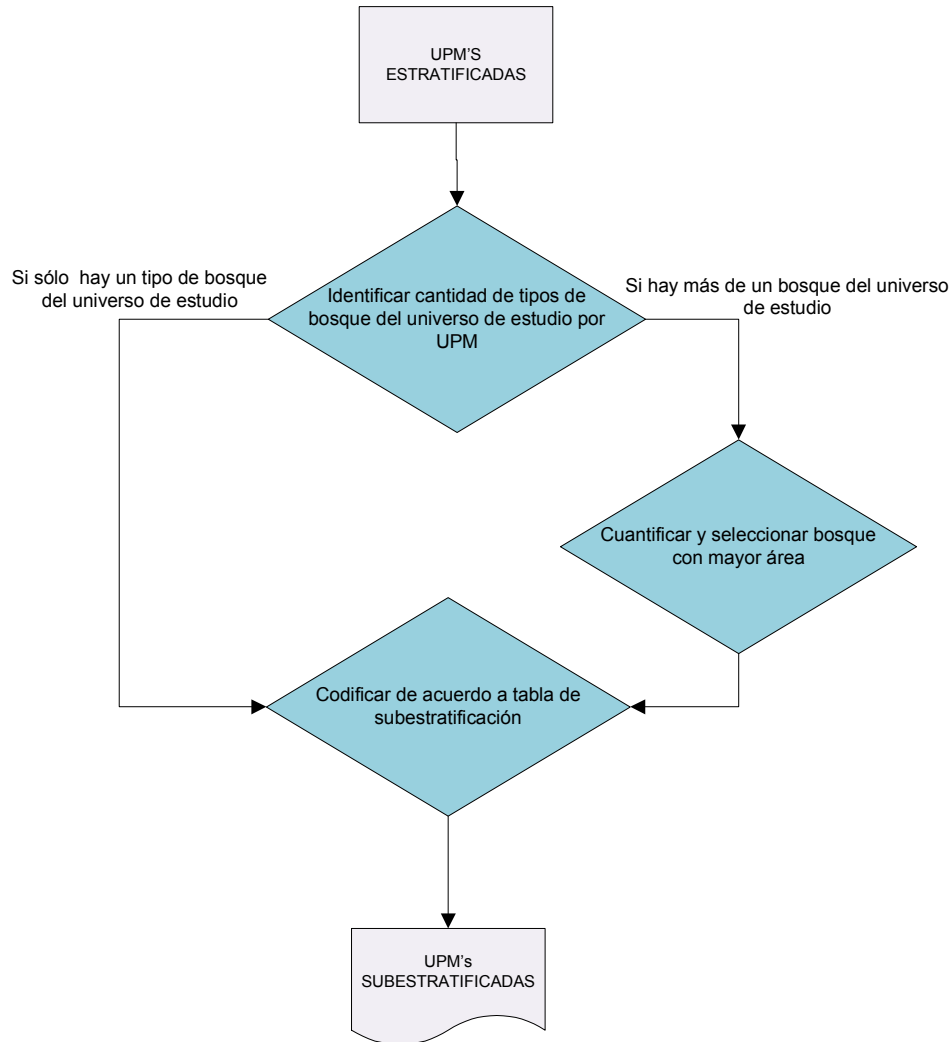


Figura 5. Proceso de Subestratificación de UPM

6.1.4. Construcción de la grilla de equidistancias

La grilla de equidistancia constituye la base cartográfica para el Marco Geoestadístico del IFN sobre la cual se ubican las unidades de muestreo de acuerdo al universo de estudio. Una primera consideración que se debe hacer al respecto, es la ubicación de la grilla sobre el territorio colombiano de manera que lo cubra totalmente y que esté ajustado a un estándar cartográfico nacional. De esta forma, se ha contemplado como eje de partida la adopción del índice cartográfico de planchas 1:10.000 que maneja la entidad rectora en la generación de la cartografía oficial del país, el IGAC.

A partir de este índice cartográfico, que contempla los cinco orígenes que se manejan en la generación de cartografía, se estructura la grilla de equidistancias con polígonos que representan las UPM. Este índice cartográfico también permite minimizar el error que se puede producir al hacer una estimación de superficie o un proceso de georreferenciación de un elemento sobre una superficie curva (curvatura terrestre) llevada a un plano de proyección, teniendo en cuenta que el Marco Geoestadístico del IFN es nacional.

Otro aspecto importante que se contempla en la construcción de la grilla es la distancia entre segmentos la cual está dada por el tamaño definido para cada unidad de muestreo. De acuerdo al grupo de expertos en estadística y vegetación del IFN, se ha concluido que el tamaño ideal de la UPM del proyecto corresponde a 1 km², por eso, cada uno de los polígonos que conforma la grilla corresponde a este tamaño, el cual refleja la alta variabilidad de los ecosistemas de bosques de Colombia, y así mismo, permite una mejor distribución de la muestra en los subuniversos de estudios (diferentes ecosistemas boscosos) así como una mejor representatividad de la muestra de áreas de los bosques naturales.

Esta grilla debe ser estructurada en medio digital con ayuda de cualquier software cartográfico¹³ que permita generar y editar coberturas de diferentes topologías. En el siguiente cuadro se listan los campos que debe llevar el archivo en formato “shapefile” que es el más utilizado en la generación de cartografía actualmente. Sin embargo, esta información se puede generar en cualquier otro formato siempre y cuando permita estructurar los campos que se indican a continuación (Cuadro 3):

Cuadro 3. Tipo de dato y descripción de los atributos de la grilla de equidistancia

ATRIBUTO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
COD_COR	Short integer	Código de la corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible: indica en que corporación se ubica la UPM; en el capítulo “codificación” se enseñan los códigos asignados a cada corporación.
COD_CUEN	Short integer	Código del área hidrográfica: indica el área hidrográfica sobre la cual se ubica la UPM, esta codificación se explica más adelante en el capítulo de “Codificación”.
Num_1	Text	Código único para cada UPM que se genera según la metodología para asignación de códigos de UPM de forma individual que se describe en el capítulo de codificación.
TIPO_ECOS	Text	Tipo de ecosistema: corresponde a la descripción del ecosistema, en este se indica si en la UPM predomina el bosque natural, bosque de manglar o vegetación secundaria.
EST_SUBEST	Text	Código de estrato y subestrato: en este atributo, que es de tres espacios, se puede observar el estrato y subestrato al que pertenece la UPM, ya que se une el código del estrato que es referenciado por el primer dígito, con el de subestrato que se indica a través de los dos siguientes dígitos, para un total de tres campos o dígitos.
MUNICIPIO	Text	Código del municipio: en este campo se indica el código del municipio según el documento DIVIPOLA que contempla la identificación numérica para los 1101 municipios de Colombia. (Ver capítulo de codificación)
COD_FINAL	Long integer	Código final: en este atributo se concatenan el código de corporación, cuenca, UPM (Num1), estrato y subestrato, generando un número único por cada UPM.

¹³ ArcGIS, ArcVIEW, GRASS, etc.

El sistema geodésico de referencia de la grilla de equidistancia corresponde adoptado por el IGAC en el 2005 para la cartografía oficial del país, denominado Magna-Sirgas (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Este sistema garantiza la compatibilidad de las coordenadas colombianas con las técnicas espaciales de posicionamiento, y en un futuro, con los sistemas de coordenadas de los países de la región. Los parámetros de este sistema se resumen en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Parámetros del sistema de coordenadas del IFN

PARÁMETROS DEL SISTEMA DE COORDENADAS DEL IFN	
SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Elipsoide	GRS80
Datum	D_SIRGAS
Meridiano primario	Greenwich
Unidad angular	Grados
SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS	
Proyección	Transversa Mercator
Falso este	1000000
Falso norte	1000000
Meridiano central	-74,07750792
Factor de escala	1,00000000
Origen latitud	4,59620042

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

En la Figura 6 se ilustra un ejemplo de la grilla de equidistancias para el departamento de La Guajira.

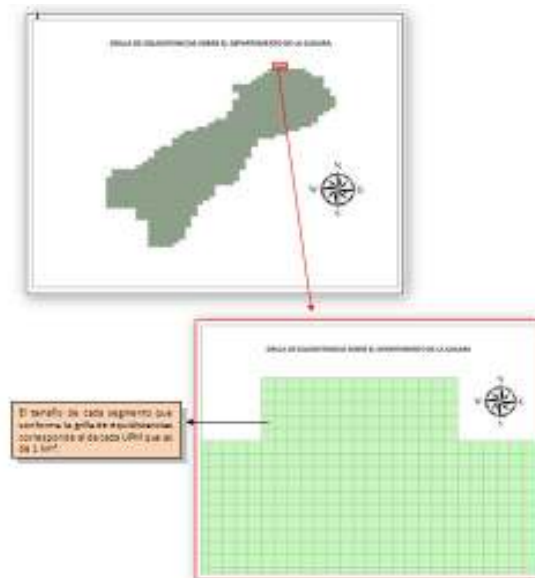


Figura 6. Ejemplo de tamaño de la grilla de equidistancias

6.1.5. Codificación

Tal como se indicó anteriormente, otro elemento que conforma el Marco Geoestadístico lo constituye la codificación, que no solo corresponde al número de estrato y subestrato para cada UPM ya mencionado, sino también a la relación con su ubicación en una corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible, en una gran área hídrica y en un municipio del país. De la misma forma, una UPM debe contar con un número tal que la individualice con respecto a las demás.

La estructura del código de la UPM se ha determinado de la siguiente manera:

Código del municipio (5 dígitos)

Código de la corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible (2 dígitos)

Código de área hídrica (1 dígito)

Código de estrato y subestrato (3 dígitos)

Código de UPM (6 dígitos)

El código del municipio se toma directamente del documento “División político – administrativa de Colombia –DIVIPOLA-, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC-. En este documento se encuentra el código oficial para los 1.101 municipios que integran el territorio nacional; dicho código está compuesto por cinco dígitos en total, de los cuales los dos primeros indican el departamento al cual pertenece y los tres últimos el código individual para el municipio.

Los dígitos para corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible y gran área hídrica se asignan de acuerdo a un código previamente establecido. En el Cuadro 5 se relaciona cada una de las corporaciones del país¹⁴.

Cuadro 5. Código de Corporación Autónoma Regional o de Desarrollo Sostenible

CÓDIGO	SIGLA	CORPORACIÓN AUTÓNOMA O DE DESARROLLO SOSTENIBLE
01	CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
02	CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
03	CARDER	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
04	CARDIQUE	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
05	CARSUCRE	Corporación Autónoma Regional de Sucre
06	CAS	Corporación Autónoma Regional de Santander
07	CDMB	Corporación Autónoma Regional de Defensa de la Meseta de Bucaramanga
08	CORANTIOQUIA	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
09	CORNARE	Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare
10	CORPAMAG	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
11	CORPOBOYACA	Corporación Autónoma Regional de Boyacá
12	CORPOCALDAS	Corporación Autónoma Regional de Caldas

¹⁴ La asignación de códigos para las corporaciones autónomas regionales o de desarrollo sostenible se realiza respetando el orden del listado que presenta ASOCARS, debido a que no hay una codificación definida para las corporaciones asociadas. También se aclara que las cuatro últimas corporaciones no se encuentran adscritas a ASOCARS, pero para el caso del IFN, se tienen en cuenta ya que bajo su jurisdicción hay ecosistemas con bosques que pertenecen al universo de estudio.

CÓDIGO	SIGLA	CORPORACIÓN AUTÓNOMA O DE DESARROLLO SOSTENIBLE
13	CORPOCESAR	Corporación Autónoma Regional del Cesar
14	CORPOCHIVOR	Corporación Autónoma Regional de Chivor
15	CORPOGUAJIRA	Corporación Autónoma Regional de la Guajira
16	CORPOGUAVIO	Corporación Autónoma Regional del Guavio
17	CORPONARINO	Corporación Autónoma Regional de Nariño
18	CORPONOR	Corporación Autónoma Regional de la frontera Nororiental
19	CORPOURABA	Corporación Autónoma Regional de Desarrollo de Urabá
20	CORTOLIMA	Corporación Autónoma Regional del Tolima
21	CRA	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
22	CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
23	CRQ	Corporación Autónoma Regional del Quindío
24	CSB	Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
25	CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
26	CVS	Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge
27	CDA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico
28	CODECHOCO	Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó
29	CORALINA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés,
30	CORMACARENA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del área de manejo especial La Macarena
31	CORPOAMAZONIA	Corporación Autónoma Regional de la Amazonía
32	CORPOMOJANA	Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge
33	CORPORINOQUIA	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
34	DADIMA	Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla
35	DAGMA	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente
36	SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
37	UAMVA	Unidad Ambiental para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Fuente Este Informe

De la misma forma, en el Cuadro 6 se relaciona el código asignado para cada una de las grandes áreas hídricas del país:

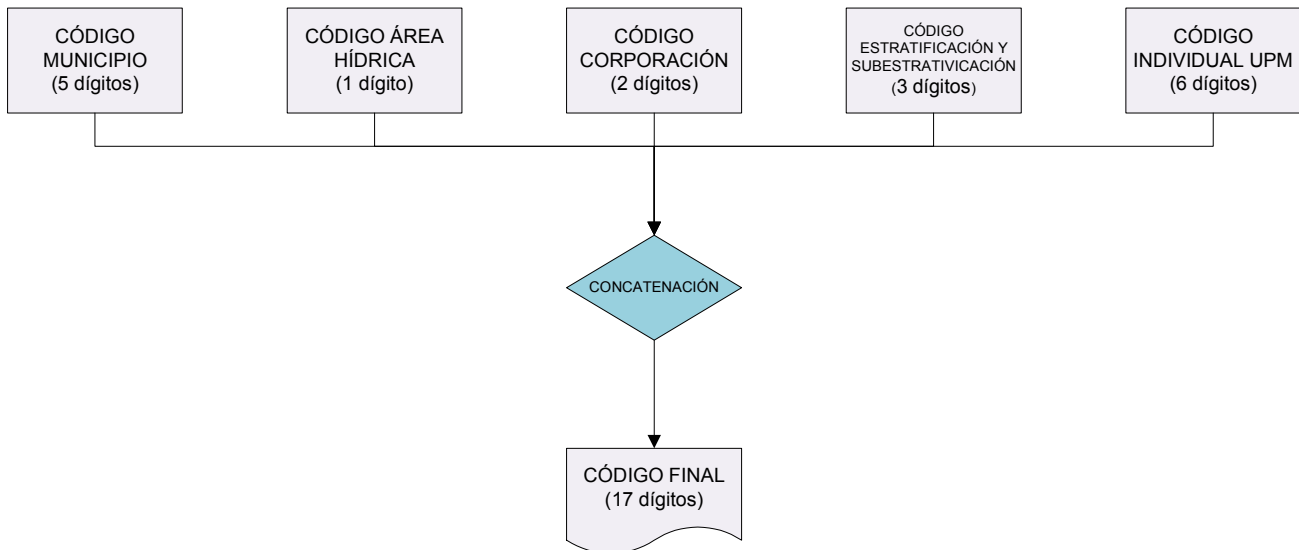
Cuadro 6. Código de Gran Área Hídrica

CÓDIGO	GRAN ÁREA HÍDRICA
1	AMAZONAS
2	ORINOCO
3	PACÍFICO
4	MAGDALENA - CAUCA
5	CARIBE
6	ISLAS

El código del estrato y subestrato se resume en tres dígitos dispuestos de la siguiente manera: el primer dígito indica el estrato al que pertenece al UPM, en consecuencia, “1” se utiliza para indicar el estrato 10, “2” para el estrato 20 y “3” para el estrato 30; los dos siguientes dígitos corresponden al código del subestrato.

La asignación del código (6 dígitos) para las UPM, se realiza con el fin de individualizar cada una con respecto a las demás, buscando generar un código único e irrepetible para cada UPM del Marco Geoestadístico.

En consecuencia, el código final se estructura a partir de la concatenación del los dígitos de los elementos antes descritos (corporación, área hídrica, municipio, estrato y subestrato y código individual de UPM), lo cual arroja como resultado un código final de 17 dígitos. En la Figura 7 se ilustra el proceso para la obtención de este código:



Fuente Este Informe

Figura 7. Estructura del Código de la UPM

A continuación, se presenta un ejemplo de codificación para una UPM perteneciente al departamento de La Guajira:

Cuadro 7. Ejemplo de codificación para una UPM de La Guajira

MUNICIPIO					CORPORACIÓN		ÁREA HÍDRICA	ESTRATO Y SUBESTRATO			UPM					
4	4	0	9	0	1	5	5	1	3	3	0	1	7	2	9	1

Fuente Este Informe

El código del ejemplo que se observa en Cuadro 7 se debe interpretar de la siguiente manera:

Municipio: Dibulla, departamento de La Guajira (Cód. 44090)

Corporación autónoma regional: CORPOGUAJIRA (Cód. 15)

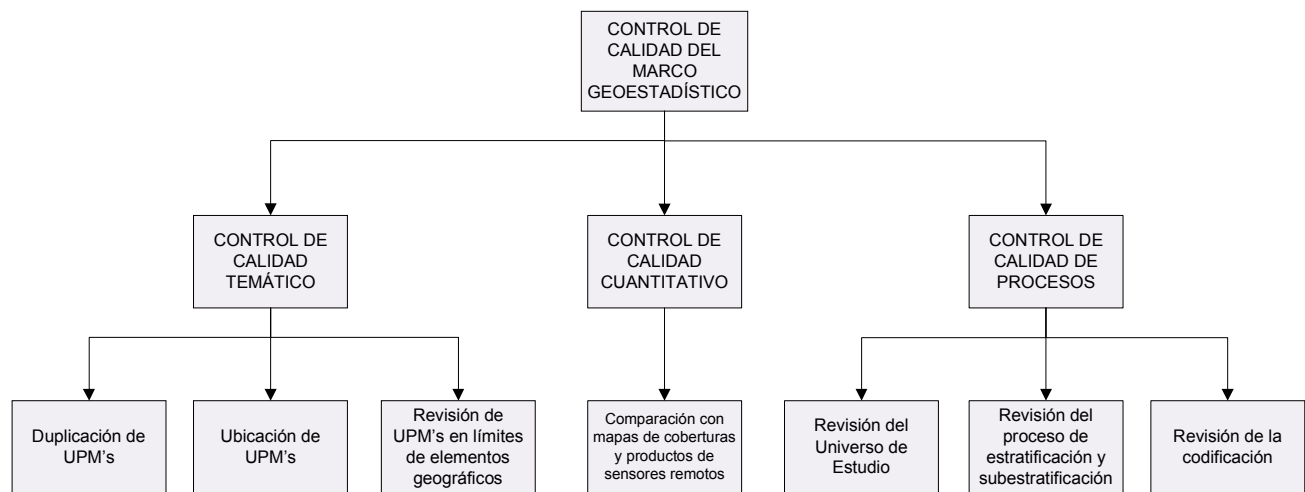
Gran cuenca: Caribe (Cód. 5)

Estrato y subestrato: Estrato 10, subestrato 33 (Cód. 133)

UPM: 017291

6.1.6. Control de calidad del marco geoestadístico del Inventario Forestal Nacional

El Marco Geoestadístico debe presentar indicadores de calidad en sus elementos constitutivos: numeración, localización, áreas, estratificación e información de contexto. Este control de calidad está dirigido a mantener los errores ajenos al muestreo en su mínima expresión para mejorar su calidad, en consecuencia, se busca evitar los siguientes errores: duplicación de las UPM, omisión de las UPM, estratificación incorrecta de las UPM y medición incorrecta de UPM. Cada uno de los errores indicados anteriormente se detecta por cada UPM, estrato, corporación autónoma, área hídrica y municipio. A continuación, se ilustra el proceso de control de calidad del Marco Geoestadístico de los bosques naturales de Colombia (Figura 8).



Fuente Este Informe

Figura 8. Control de calidad del Marco Geoestadístico

Control de calidad temático

Este control de calidad se hace sobre los elementos del marco y está referido al control de duplicación de las UPM, así como de su correcta ubicación en el contexto espacial y la revisión de aquellas que se encuentran en los límites de municipios, áreas hídricas y corporaciones autónomas regionales. A continuación, se detalla cada uno de estos controles:

1. Duplicación y/o omisión de las UPM: con el fin de revisar la numeración de las UPM y garantizar que cada una de éstas tenga una codificación irreplicable, se corre una frecuencia sobre el atributo "Num" de la malla de equidistancias con ayuda de la herramienta utilizada para generación y análisis cartográfico.
2. Ubicación incorrecta de las UPM: la ubicación de cada UPM está en función de su localización geográfica con respecto al municipio, la corporación autónoma o de desarrollo sostenible y gran área hídrica; dicha ubicación se refleja en el código de la UPM como se explicó en el capítulo de codificación. Con el fin de garantizar la correspondencia de la codificación con la ubicación geográfica de las UPM, se debe hacer una relación espacial entre los elementos cartográficos mencionados y su código. Una forma de llevar a cabo esta revisión, es a través de una selección por localización entre la malla de equidistancias y las corporaciones, municipios y áreas

hídricas, seleccionando todas las UPM que estén contenidas en cada una de estas entidades geográficas y verificando que el código de la UPM sea el correcto.

3. Revisión de las UPM en límites de municipios, corporaciones y áreas hídricas: se debe hacer la verificación de las UPM que se encuentran en los límites de corporaciones, municipios y áreas hídricas, ya que se debe garantizar la correcta codificación de las mismas de acuerdo a su ubicación espacial y cantidad de área con respecto a estas entidades geográficas del marco.

Control de calidad cuantitativo

Este proceso hace referencia al control de las áreas de coberturas perteneciente al universo de estudio que reporta el Mapa de Ecosistemas, a través de otros mapas de coberturas o productos de sensores remotos.

- Comparación con mapas de coberturas y productos de sensores remotos: con el fin de garantizar que la estratificación y subestratificación del Marco Geoestadístico corresponda a la realidad de los bosques naturales de Colombia, es necesario llevar a cabo un proceso de revisión de la información al interior de cada UPM y contrastarla con otros elementos cartográficos que permitan comparar y complementar si es necesario. Estos elementos cartográficos pueden ser archivos de coberturas vegetales proporcionadas por entidades competentes en el conocimiento de la ubicación y administración de los bosques naturales (corporaciones autónomas o de desarrollo sostenible, Parques Nacionales, oficinas administrativas municipales, etc.), siempre y cuando se tenga certeza de su calidad.

Otro elemento cartográfico que se debe utilizar para este fin corresponde a imágenes de satélite actuales o aerofotografías, ya que constituyen la mejor fuente de información para llevar a cabo el proceso de control de calidad del contenido del marco.

Control de calidad de procesos

En esta fase se controlan los procesos que se llevan a cabo para la construcción del Marco Geoestadístico. A continuación, se detallan los aspectos referentes a este control:

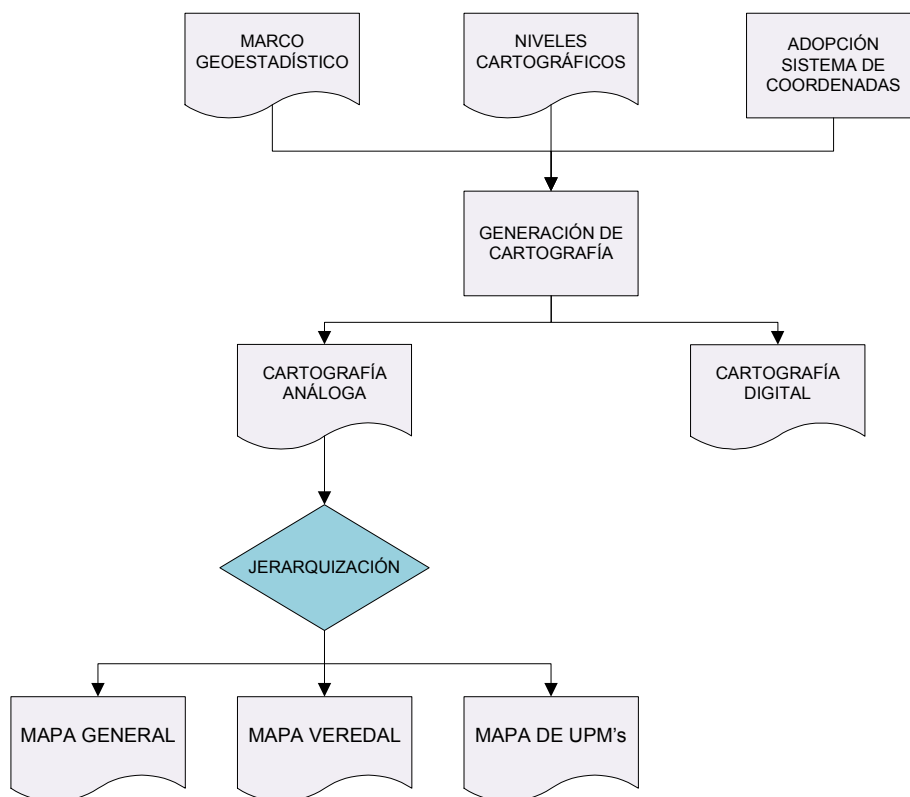
- Revisión del Universo de Estudio: una vez se ha determinado el universo de estudio del proyecto, se debe realizar una verificación visual de las áreas de los ecosistemas objetivo, corroborando que todos estén contenidos en la información cartográfica obtenida. Este proceso se puede realizar con ayuda de un software cartográfico que permita generar una tabla de atributos, con el fin de revisar el listado total de los ecosistemas obtenidos para verificar que sean los correctos.
- Revisión del proceso de estratificación y subestratificación: para verificar este proceso, se debe controlar que la codificación del Marco Geoestadístico sea coherente con la caracterización de las UPM, de acuerdo a lo explicado en capítulos anteriores. Para llevar a cabo esta actividad, es necesario seleccionar una

muestra estadística representativa que indique cuales UPM se deben revisar, con el fin de garantizar la aleatoriedad del proceso¹⁵.

- Revisión de la codificación: después de codificar el 100% de las UPM del Marco Geoestadístico, es necesario seleccionar una muestra estadística representativa que indique cuales de éstas se deben revisar, para corroborar la correspondencia espacial de las mismas con lo reportado por el código calculado, en cuanto al municipio al que pertenecen, área hídrica, corporación autónoma regional, y el estrato y substrato asignado.

6.1.7. Cartografía para el levantamiento de datos en campo

La cartografía del IFN se genera a partir de tres grandes insumos: Marco Geoestadístico, Niveles Cartográficos y adopción de un Sistema de Coordenadas. Una vez se cuenta con estos elementos básicos, se procede a la generación de la cartografía donde se combinan los insumos mencionados y se jerarquizan varios mapas, para el caso de productos análogos, de acuerdo a la escala y nivel de detalle requerido según roles de los actores que participan en el levantamiento de información en campo (coordinadores, supervisores, jefes de brigadas, entre otros). En la Figura 9 se ilustra el proceso para la obtención de los productos cartográficos necesarios para la ubicación de los sitios de muestreo en campo:



Fuente Este Informe

¹⁵ La muestra estadística recomendada es del 5% del total de las UPM de cada Corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible, y su selección debe ser al azar.

Figura 9. Proceso cartográfico del IFN

De acuerdo a esto, los productos finales que se estructuran para realizar los operativos de campo son los mapas análogos general, veredal y de las UPM, así como la cartografía digital que se carga en los dispositivos móviles de captura (DMC).

6.1.7.1. Insumos cartográficos

Los insumos cartográficos para el IFN están definidos por: el Marco Geoestadístico, los Niveles de Información Cartográfica y el sistema de coordenadas adoptado para el IFN. A continuación, se describen cada uno de estos elementos:

Marco geoestadístico

El Marco Geoestadístico del IFN proporciona el universo de estudio para realizar la selección de la muestra según los criterios estadísticos implementados para este fin. De estas forma, una vez se cuenta con los lugares precisos donde se levantará la información de campo, se debe montar la cartografía necesaria para acceder de forma eficiente a dichos lugares donde se materializarán las unidades secundarias de muestreo (USM) o parcelas¹⁶.

Niveles de información cartográfica

Estos niveles de información se refieren a todas aquellas capas que conforman la cartografía base y temática utilizada para estructurar los mapas finales que representan los sitios de muestreo previamente seleccionados. Por ejemplo, un nivel de información cartográfica lo constituyen las vías representadas en un mapa¹⁷. En el Cuadro 8 se relaciona la información mínima utilizada para generar la cartografía correspondiente a los sitios de muestreo del Inventario Forestal Nacional:

Cuadro 8. Niveles mínimos de información cartográfica para el IFN

Niveles de información	Geometría	Descripción	Fuente
Unidad UPM (Estrato)	polígono	Es la grilla de equidistancias con la estratificación generada por UPM.	IDEAM
Cabecera municipal	Polígono	Contiene la representación del casco urbano del municipio	IGAC
Límite municipal	Polígono	Contiene los límites municipales presentes en el mapa.	IGAC
Limite veredal	Polígono	Contiene los límites de las veredas presentes en cada municipio.	IGAC
Vías	Línea	Contiene las vías presentes en el mapa y su tipo.	IGAC
Parques nacionales	Polígono	Corresponde a información cartográfica de los parques naturales nacionales.	PNN
Ríos	Línea	Corresponde a los drenajes	IGAC
Curva de nivel	Línea	Las líneas que contienen información altitudinal y dan	IGAC

¹⁶ Las unidades primarias de muestreo las UPM corresponden a elementos imaginarios de 1 km X 1 km, pero al interior de estas unidades se anidan las unidades secundarias de muestreo USM o parcelas de levantamiento en campo, las cuales corresponden a rectángulos que se trazan en terreno y cuyas dimensiones son: 250 m de largo X 20 m de ancho.

¹⁷ Se debe tener en cuenta que todos los niveles de información cartográfica se encuentran en medio digital, por ende, la cartografía obtenida se genera inicialmente en este mismo tipo de medio.

Niveles de información	Geometría	Descripción	Fuente
		noción a la cuadrilla sobre la topografía del terreno.	
Parcelas	Polígono	Corresponde a la representación de las parcelas que se levantarán en campo.	IDEAM
Coordenadas	Puntos	Son los puntos que representan las coordenadas de los vértices de las parcelas que se ubican al interior de una UPM.	IDEAM

Se acota que la cartografía debe ir soportada sobre una imagen de satélite reciente para el caso de los mapas generales y de las UPM, con el fin de dar mayor nivel de detalle al jefe de brigada sobre la superficie donde se levanta la parcela. Finalmente, se aclara que para el caso en el que los niveles cartográficos como vías, ríos, curvas de nivel, cabecera municipal, entre otros no se encuentren en medio digital, se debe realizar su captura mediante un proceso de **digitalización y estructuración** de información cartográfica, tomando como base la cartografía oficial del país en medio análogo producida por el IGAC.

Sistema de coordenadas

El sistema geodésico de referencia de la cartografía del IFN es el mismo que se adopta para la grilla de equidistancia, el cual corresponde al adoptado por el IGAC en el 2005 para la cartografía oficial del país, denominado Magna-Sirgas (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas)¹⁸. Sin embargo, en vista que buena parte de la cartografía oficial del país aún se encuentra en el sistema “Observatorio – Bogotá”, es admisible estructurar cartografía para campo bajo el sistema en mención, siempre y cuando se haga un postproceso en oficina garantizando que toda la cartografía del proyecto quede referida finalmente al sistema Magna – Sirgas. Los parámetros del sistema “Observatorio Bogotá” se resumen en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros del sistema de coordenadas del IFN

Parámetros del sistema de coordenadas del IFN	
<i>Sistema de coordenadas geográficas</i>	
Elipsoide	Hayford
Datum	D_Bogotá
Meridiano primario	Greenwich
Unidad angular	Grados
<i>Sistema de proyección de coordenadas</i>	
Proyección	Transversa Mercator
Falso este	1000000
Falso norte	1000000
Meridiano central	-74,08091667
Factor de escala	1,00000000
Origen latitud	4,59904722

Fuente Este Informe

¹⁸ En el capítulo “Construcción de la Grilla de Equidistancias” se presenta un cuadro con los parámetros de este sistema de coordenadas.

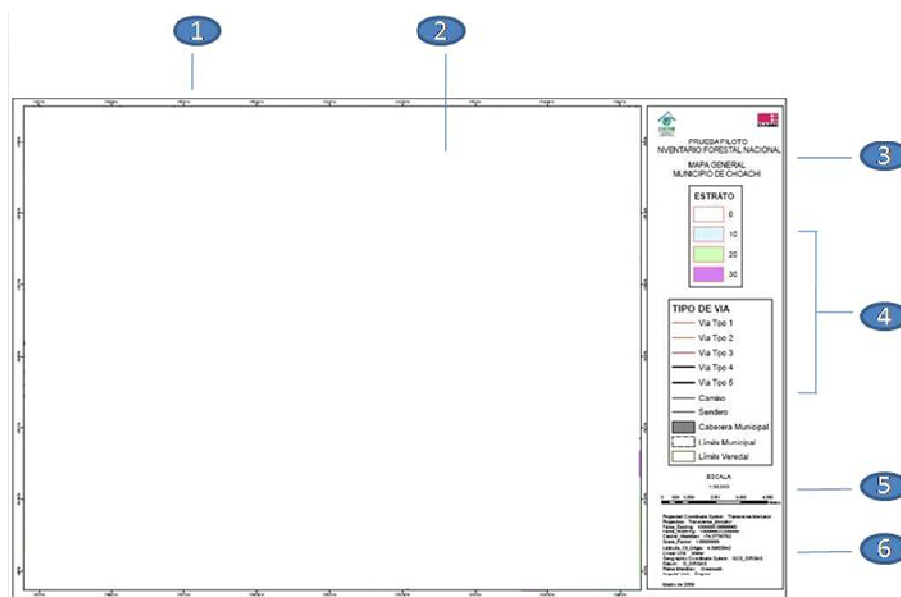
6.1.7.2. Jerarquía de la cartografía análoga

La cartografía de los sitios de muestreo del IFN debe satisfacer las necesidades del proyecto en cuanto a ubicación de la muestra y acceso a ella. Una forma fácil de ubicar estos sitios consiste en visualizar la UPM seleccionada en el contexto geográfico del municipio. Para ello, se han determinado tres jerarquías para la cartografía definidas de la siguiente manera:

Mapa de localización general

El Mapa General se estructura para ubicar las UPM objetivo con respecto a la cabecera municipal más cercana. La escala propuesta para este mapa es 1:50.000, sin embargo, puede variar dependiendo de la proximidad o lejanía de la cabecera municipal a las UPM seleccionadas. Las dimensiones aproximadas de su formato son de 58 cm de ancho X 38 cm de alto.

Este mapa constituye un elemento de ubicación y control de las UPM de forma general, que debe estar a cargo del coordinador regional o la persona que realice sus funciones. Es recomendable que contenga de fondo una imagen de satélite que proporcione mayores detalles del sitio donde se hace el levantamiento de información; esta imagen puede ser Spot ya que maneja una resolución espacial de 20 a 5 metros y es ideal para monitoreo de coberturas o seguimiento de bosques, o Aster, que son adecuadas para realizar amplia diversidad de estudios a escala semidetallada de trabajo y cuyo costo es uno de los más bajos del mercado. Un ejemplo del formato de este mapa en medio análogo se puede ver en la Figura 10.



Fuente Este Informe

Figura 10. Formato Mapa General

1. Marco o grilla de coordenadas: en este lugar se ubican las coordenadas geográficas correspondientes.
2. Espacio del mapa: lugar para la ubicación del sitio objetivo de estudio y la cabecera municipal más cercana.

3. Título del mapa: espacio para situar el título del mapa y una breve descripción del lugar donde se ubica la muestra (municipio, departamento).
4. Leyenda y convenciones: lugar destinado para ubicar la leyenda y las convenciones de los niveles digitales que forman parte de la cartografía.
5. Escala: espacio en el cual se refiere la escala del mapa, en formato numérico y gráfico.
6. Parámetros del sistema de coordenadas: lugar en el que se describe el sistema de proyección y coordenadas del mapa.

Los niveles cartográficos mínimos que conforman este mapa son los siguientes:

- Estrato
- Vías
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite veredal

Mapa veredal

Este mapa tiene por objeto proporcionar una visión general de la ubicación de las UPM con respecto a las veredas del municipio donde se localiza el sitio de muestreo. La escala aproximada de este mapa es 1:25.000, pero se debe tener en cuenta que ésta puede variar de acuerdo a la distribución de las UPM. Las dimensiones aproximadas del formato son: 58 cm de ancho X 38 cm de alto.

Esta cartografía debe estar a cargo de un supervisor o una persona que haga las veces de asistente de coordinación, y su fin es el de controlar la ubicación de las brigadas de campo en las UPM y veredas. El formato en medio análogo del presente mapa es prácticamente igual al de mapa general, solo varía la escala y el nombre de la(s) veredas(s) presentes en el mismo (Figura 11).

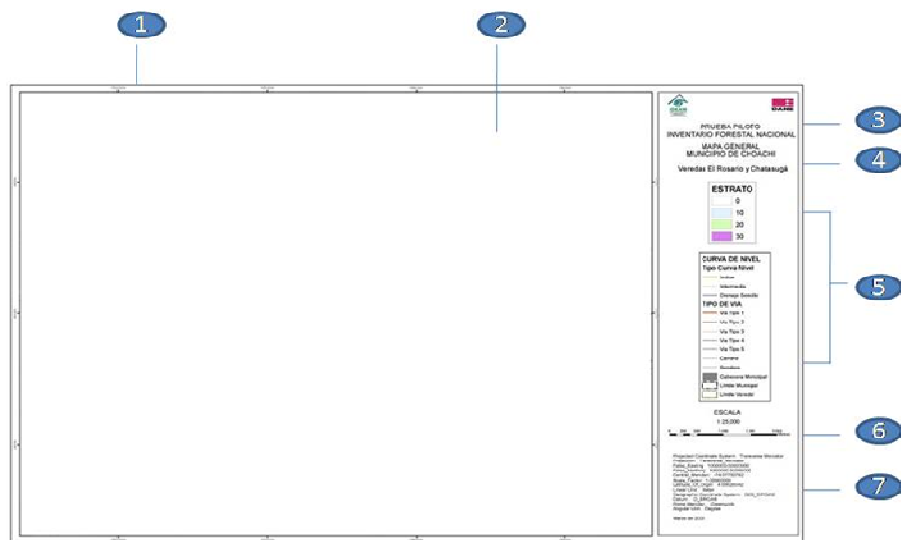


Figura 11. Formato Mapa Veredal

1. Marco o grilla de coordenadas: en este lugar se ubican las coordenadas geográficas correspondientes.
2. Espacio del mapa: lugar para la ubicación del sitio objetivo de estudio y la cabecera municipal más cercana.
3. Título del mapa: espacio para situar el título del mapa y una breve descripción del lugar donde se ubica la muestra (municipio, departamento).
4. Nombre de las veredas: en este espacio se ubica el nombre de la o las veredas que estén siendo representadas el mapa y donde se ubique la UPM correspondiente
5. Leyenda y convenciones: lugar destinado para ubicar la leyenda y las convenciones de los niveles digitales que forman parte de la cartografía.
6. Escala: espacio en el cual se refiere la escala del mapa, en formato numérico y gráfico.
7. Parámetros del sistema de coordenadas: lugar en el que se describe el sistema de proyección y coordenadas del mapa.

Los niveles cartográficos mínimos que conforman el presente mapa son los siguientes:

- Estratos
- Curvas de nivel (Índice e intermedias)
- Ríos
- Vías
- Límite municipal
- Límite veredal
- Parques naturales nacionales

Mapa de las UPM

Este mapa enseña la UPM objeto de estudio y la distribución de las parcelas en su interior (Figura 13); su escala aproximada es 1:3.500 y sus dimensiones son de 35 cm de ancho X 37 cm de alto para el caso de la impresión en medio análogo. Este mapa facilita la observación de las características del terreno (ondulaciones, presencia de cuerpos de agua, ríos, vías, etc.) y la cobertura del suelo, mientras que el tamaño de su formato permite trabajar cómodamente en campo.

Esta cartografía, junto con la mencionada anteriormente, debe ser manejada por el jefe de cuadrilla para tener una referencia exacta del sitio de muestreo, su acceso y sus condiciones topográficas. Es recomendable que el mapa contenga una imagen de satélite que proporcione mayores detalles del sitio donde se hace el levantamiento de información. Dicha imagen puede ser Spot ya que maneja una resolución espacial de 5 a 20 metros y es ideal para monitoreo de coberturas o seguimiento de bosques, o Aster, que es adecuada para realizar amplia diversidad de estudios a escala semidetallada de trabajo y cuyo costo es uno de los más bajos del mercado. Otra alternativa que se puede contemplar tiene que ver con la utilización de fotografías aéreas a escalas grandes o medianas, ya que permiten identificar ciertas particularidades del terreno. En la Figura 12 se observa el formato implementado para este tipo de mapa.

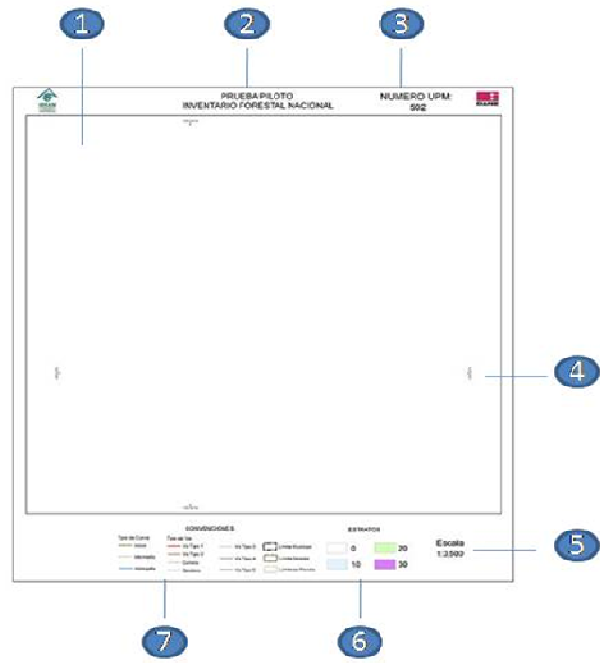
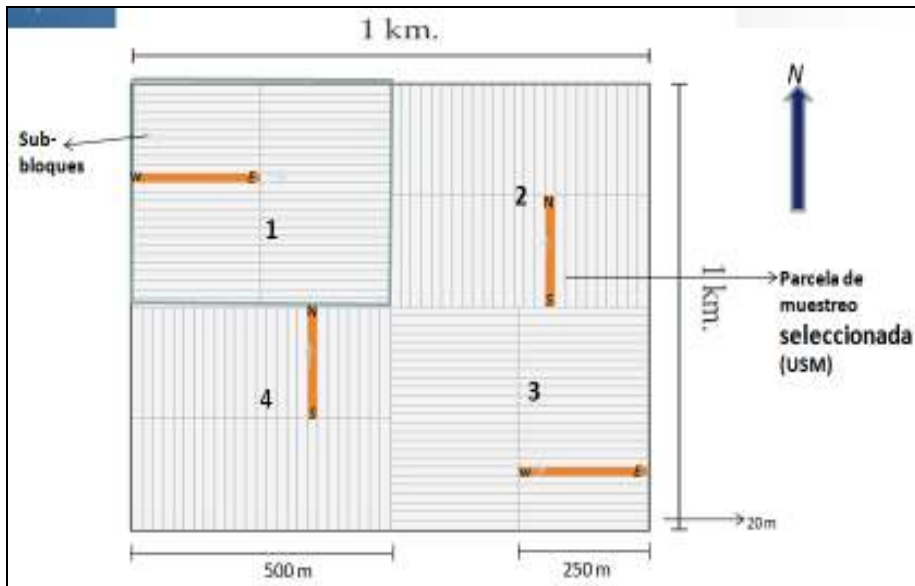


Figura 12. Formato Mapa de las UPM

1. Espacio del mapa: lugar para la ubicación del sitio objetivo de estudio y la cabecera municipal más cercana.
2. Título del mapa: espacio para situar el título del mapa y una breve descripción del lugar donde se ubica la muestra (municipio, departamento).
3. Número de UPM: en este sitio se indica el número de UPM al cual corresponde el mapa en cuestión
4. Coordenadas auxiliares: en medio del espacio del mapa se ubica una grilla con coordenadas auxiliares ya sean geográficas o planas que sirvan de referencia al jefe de cuadrilla en la ubicación de parcelas en terreno.
5. Escala: espacio en el cual se refiere la escala del mapa, en formato numérico y gráfico.
6. Leyenda: lugar destinado para ubicar los niveles cartográficos que constituyen la leyenda del mapa.
7. Convenciones: lugar en el que se describe detallan las convenciones de los elementos que conforman el mapa.

Los niveles cartográficos mínimos que conforman el presente mapa son los siguientes:

- Estratos
- Curvas de nivel (Índice e intermedias)
- Ríos
- Vías
- Límite municipal
- Límite veredal
- Límite de parcela
- Coordenadas



Fuente Este informe

Figura 13. Distribución de parcelas al interior de una UPM

6.1.7.3. Cartografía para Dispositivo Móvil de Captura (DMC)

La cartografía que se debe incorporar al DMC corresponde a la misma con la que se estructura el Mapa de las UPM. Aunque sería conveniente cargar más información como cabecera municipal, ríos y vías de la cabecera a la UPM, se debe considerar la limitación de memoria temporal que tienen estos dispositivos móviles, pues agregar mayor cantidad de información cartográfica puede saturar su sistema y generar procesos de visualización y movimientos de elementos en pantalla largos, e incluso, inducir a bloqueos y posible pérdida de información.

Los niveles cartográficos seleccionados para incorporar al DMC corresponden a los siguientes

- Shapefile Curvas de nivel (Índice e intermedias)
- Shapefile Ríos
- Shapefile Vías
- Shapefile Límite municipal
- Shpaefile Límite veredal
- Shpaefile Límite de parcela
- Shapefile Coordenadas

6.1.7.4. Otros mapas temáticos

El Marco Geoestadístico del IFN contempla cartografía adicional a la estipulada en este documento que puede ser utilizada para diferentes funciones, entre otras, contemplar niveles de estimación de resultados anexos a los determinados en el presente documento (Corporación, Cuenca hidrográfica, País). La cartografía temática con que cuenta el proyecto referente a este respecto se relaciona a continuación:

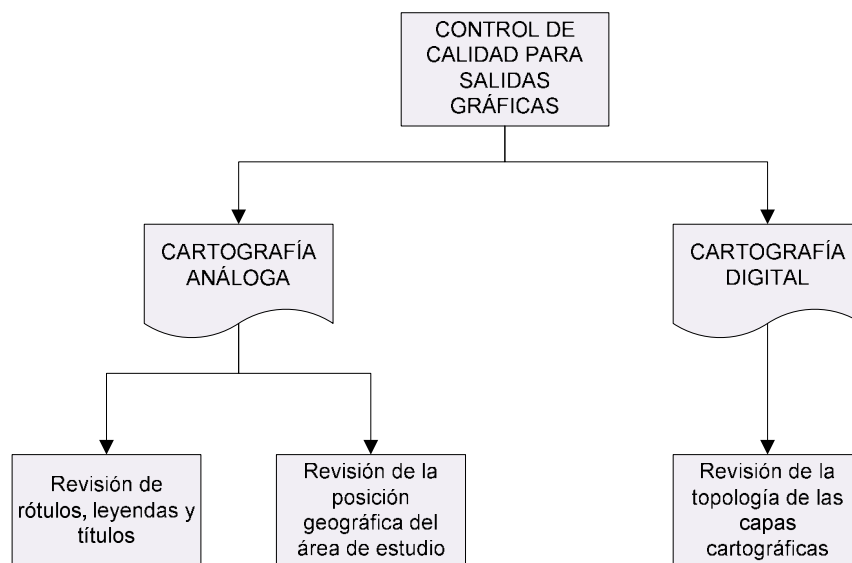
- Resguardos indígenas

- Comunidades afrodescendientes
- Parques nacionales
- Áreas de reserva forestal
- División político administrativa del país

Otra información cartográfica básica que se utiliza para complementar la contenida en el Marco, con el fin de facilitar la futura ubicación de los sitios seleccionados para la preparación muestra, tiene que ver con topografía, malla vial, infraestructura, cartografía urbana, predial y rural.

6.1.7.5. Control de calidad para salidas gráficas

Este proceso de control de calidad se realiza sobre los productos cartográficos generados para la ubicación y captura de información cartográfica en campo. De esta forma, se debe controlar la calidad del material cartográfico generado en cuanto a su calidad visual, correspondencia con el área objetivo de estudio, entre otros. En la Figura 14 se resume el proceso de control de calidad.



Fuente: Este Informe

Figura 14. Control de calidad para salidas gráficas

Cartografía análoga

La revisión de la cartografía análoga incluye el control de los títulos de los mapas (general, veredal y de UPM), sus leyendas, rótulos y demás elementos visibles que conforman la plancha cartográfica que servirá como herramienta para la ubicación del área de estudio en campo.

Revisión de rótulos, leyendas y títulos: una vez se encuentre estructurado el mapa general, veredal y/o de UPM, se debe revisar su rótulo para verificar que el área de estudio se pueda visualizar sin inconveniente. De la misma forma, se es necesario revisar la correspondencia de los títulos y numeración de UPM con el cuerpo del mapa,

así como la concordancia de la leyenda, convenciones y toponimia con la realidad del terreno¹⁹. Revisión de la posición geográfica del área de estudio: es necesario revisar que las coordenadas reportadas en el mapa corresponda al sistema de coordenadas estipulado en la leyenda, y que el área reportada en el título del mapa y número de las UPM sean coherentes con el área de estudio. Por ejemplo, para el caso de los mapas de las UPM, se debe corroborar que el número reportado en el título corresponda al Marco Geoestadístico del proyecto.

Cartografía digital

A continuación, se indica el proceso de control de calidad que se debe realizar sobre la cartografía digital del proyecto:

Revisión de topología de las capas cartográficas: este proceso de control de calidad incluye el control de la topología y continuidad de los diferentes niveles digitales que conforman la cartografía digital del proyecto. Para esto, se verifica que las capas digitales sea continuas y conserven la topología de punto, línea y polígono según corresponda.

7. DISEÑO ESTADÍSTICO DEL IFN

De acuerdo con Joan Ferré, F. Xavier Rius²⁰, el diseño estadístico es una metodología matemática que indica como planificar (diseñar, organizar) la secuencia de los experimentos de una forma óptima, de modo que se minimice tanto el costo de la investigación como la influencia del error experimental sobre la información buscada. Dicha planificación y análisis es el principal objetivo del Diseño Estadístico del IFN.

El mismo autor define el *Diseño Estadístico de Experimentos (DEE) y/o diseño experimental*, como una metodología basada en expresiones matemáticas y estadísticas, con el objeto de ayudar al experimentador a: Seleccionar la estrategia experimental *óptima* que permita obtener la información buscada con el mínimo coste y evaluar los resultados experimentales obtenidos, garantizando la máxima *fiabilidad y representatividad* en las conclusiones que se obtengan.

El Diseño debe ser óptimo: éste será óptimo, dado un presupuesto, si las estimaciones alcanzadas de los parámetros poblacionales de interés, presentan errores de muestreo mínimos. En estricto sentido, esta eficiencia debe ser alcanzada para las variables empleadas en el desarrollo del diseño, y, muy probablemente para aquellas que presenten una alta correlación con las mismas; no obstante, una encuesta multipropósito es un evento seguro para encontrar variables cuyas distribuciones generen grandes errores de muestreo.

¹⁹ Este control se debe realizar en la fase de preoperativo de campo, momento en el cual se actualiza la cartografía previamente estructurada en oficina.

²⁰ Departamento de Química Analítica y Química Orgánica Universitat Rovira i Virgili. Pl. Imperial Tàrraco, 1. 43005-Tarragona

El Diseño debe ser representativo para las poblaciones de interés. La representatividad hace referencia al hecho de que los resultados de la investigación tendrán validez estadística para los dominios de estudio definidos por los investigadores. En otros términos, los resultados de la muestra podrán extenderse al universo de estudio y su uso sólo estará restringido por la precisión alcanzada; precisión medida a través de los errores de muestreo. El Diseño estadístico del IFN se construye a partir de los siguientes conceptos y así mismo su aplicabilidad entre otros tenemos: las unidades de observación y análisis, la cobertura geográfica y los niveles de estimación y representatividad.

7.1. Unidades de observación y análisis

Las unidades de observación corresponde a los individuos de la población sobre los cuales se llevan a cabo las mediciones de interés, que para el IFN corresponden a los fustales, latizales y brinzales; como la información tomada en estas unidades constituye la base del análisis estadístico, las unidades de observación también corresponden a las unidades de análisis.

7.2. Cobertura geográfica - Niveles de estimación y representatividad

La desagregación geográfica para la cual se obtendrán estimaciones estadísticamente válidas para el IFN son:

- a. **Ecosistemas de bosques**, corresponde al primer nivel de expansión de la información obtenida en el operativo de campo del IFN, y está definido por los 60 ecosistemas del universo de estudio contemplados en el Mapa de Ecosistemas Costeros y Marinos (IDEAM *et. ál.* 2007), el cual constituye la base temática del proyecto.
- b. **Corporación Autónoma Regional y Corporación Autónoma de Desarrollo Sostenible** (CAR y CAD). contempla los bosques naturales localizados en la jurisdicción de las diferentes corporaciones autónomas regionales y corporaciones de desarrollo sostenible como entidades encargadas de ejercer la autoridad ambiental y administrar los recursos naturales.
- c. **Grandes cuencas hidrográficas o Unidades Hídricas**. están definidas por la división natural que generan las vertientes o grandes cuencas a las cuales convergen los sistemas de drenaje del país (Cuadro 10).

Cuadro 10. Grandes áreas hídricas de Colombia

Gran área hidrográfica	Área (hectáreas)
Amazonas	34.155.399,03
Caribe	6.653.706,27
Islas	998.204,45
Magdalena – Cauca	27.157.045,30
Orinoco	34.142.437,62
Pacífico	12.127.732,55
TOTAL	115.234.525,23

Teniendo en cuenta el propósito y objetivos definidos para el Inventario Forestal Nacional y teniendo en consideración la población objeto de estudio y los niveles geográficos de estimación deseados, se propone implementar un ***Diseño de Muestreo Probabilístico de Áreas, estratificado y multietápico (cuatro etapas)***, donde las áreas son, desde el punto de vista estadístico, conglomerados de unidades de superficie, con diversidad de bosques.

7.3. Marco estadístico o marco de muestreo (ME)

El ***Marco Estadístico o Marco de Muestreo*** es un mecanismo que incluye listas físicas y también procedimientos que permiten identificar, delimitar y localizar todas las unidades muestrales sin el esfuerzo físico de listar a todas y cada una de ellas. El ME consiste en las descripciones del material previamente disponibles para la investigación deseada; en forma de cartografía temática, directorios, listas, información acopiada en otras investigaciones etc., a partir de las cuales las unidades de muestreo pueden ser construídas y un subconjunto de las mismas seleccionadas.

Debido, entre otras razones, a las políticas internacionales sobre medio ambiente y a la importancia económica y social que representan los bosques naturales para el país, el Inventario Forestal Nacional se debe convertir en una investigación de carácter permanente, con alguna periodicidad razonable en el tiempo (quinquenal, trianual, etc.). Puesto que el universo de estudio está sujeto a cambios en el tiempo, cada vez que se realice el IFN, en la medida de lo posible, el marco estadístico deberá ser actualizado.

La desactualización del marco de muestreo puede obedecer a distintas razones: desastres naturales, tala indiscriminada, quema natural o producida por el hombre, etc., y dado que será construido con base en el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia elaborado por el IDEAM y otras instituciones del SINA, éste deberá ser redefinido constantemente. En este mismo sentido, el IFN, se constituye per se, en un medio de actualización permanente de la información sobre bosques en el tiempo. Las actualizaciones del marco se verán reflejadas en las áreas conformadas, sobre todo si el lapso de tiempo entre fases de recolección del IFN es muy grande.

Puesto que en el caso del IFN no existe un marco estadístico o de muestreo a nivel nacional, es necesario construirlo tomando como base cartográfica y conceptual el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia elaborado por el IDEAM, los institutos de investigación ambiental y el IGAC (2007). Teniendo en cuenta el universo de estudio (los bosques naturales, la vegetación secundaria y los manglares) existentes en la superficie continental e insular de Colombia, se considera que un método de muestreo adecuado que permite alcanzar el objetivo de la investigación es el de ***muestreo de áreas***, ya que la población de estudio es de tamaño indefinido y solo se conoce su ubicación geográfica; en este caso, cada tipo de unidad muestral es un sector territorial bien definido, vale decir, una unidad de área. Por tanto, se requiere la construcción de un ***Marco de Muestreo de Áreas***.

Los pasos a tener en cuenta para la conformación de un marco de este tipo son: la formación de áreas, la estratificación de la superficie total a ser investigada, el establecimiento de mecanismos para la actualización del marco y la generación de una base de datos alfanumérica y geográfica de las áreas conformadas, que será empleada, tanto para la selección de la muestra como para el control de calidad de la misma. Es claro que la construcción de un Marco de Muestreo de Áreas para el IFN depende directamente del tipo y la representatividad de la muestra. Por consiguiente, y puesto que el diseño muestral propuesto para el IFN contempla cuatro etapas de selección, será necesario conformar un marco por cada etapa; no obstante, salvo en la primera etapa para la cual se requiere dividir toda el universo de estudio, en las restantes etapas el marco será construido a partir de las unidades de muestreo seleccionadas en la etapa inmediatamente anterior. Asimismo, la formación de áreas deberá llevarse a cabo de manera independiente para cada Corporación Autónoma Regional, pues las CAR y CAD constituyen los dominios de estudio para las cuales se requiere obtener conclusiones estadísticamente válidas a partir de la muestra.

A continuación se presentan los lineamientos técnicos a tener en cuenta en el desarrollo de cada uno de los aspectos conducentes a la construcción de un Marco de Muestreo de Áreas para el IFN.

Formación de Áreas. Las áreas constituyen una *partición* del dominio y/o población a investigar, por tanto, no habrá traslape entre dos o más áreas y la unión del conjunto de áreas deberá coincidir con el dominio. En la formación de las áreas se deben combinar los siguientes elementos:

- **Tamaño del área.** Las áreas deben tener un tamaño homogéneo.
- **Límite del área.** Las áreas deben quedar bien definidas y serán inmodificables hasta una futura actualización del marco de muestreo. Por tanto, los límites del área deben ser tales que permanezcan estables en el tiempo y sean de fácil ubicación en el terreno por parte del brigadista forestal y el actualizador, de tal manera que estos puedan localizar sin dificultad el área que ha sido seleccionada.

Los elementos a ser usados como límites son imaginarios y corresponden a las coordenadas geográficas o planimétricas según el sistema Magna (SIRGAS del IGAC) del sector territorial, obtenidas a partir del sistema de información geográfica -SIG. Para cada CAR la construcción de los marcos de muestreo, vale decir, de áreas (unidades de muestreo), será realizada usando el siguiente esquema:

Marco de primera etapa. En primera instancia, el área total bajo estudio debe ser dividida en cuadrados con una superficie de 1 km^2 , esto es 100 ha; estos cuadrados constituyen las Unidades Primarias de Muestreo (UPM). Suponiendo que la grilla construida quede conformada por p filas y q columnas, el siguiente paso consiste en enumerar las UPM de acuerdo con el siguiente esquema:

1	2	...	Q
2q	q+1
2q+1	3q
⋮	⋮	⋮	⋮

Si p es par, el número que debe asignarse a la UPM del extremo derecho de **última fila de la grilla** es $(p-1)q+1$, mientras que la UPM adyacente quedará codificada en el número $(p-1)q+2$; continuando de manera consecutiva, la UPM del extremo izquierdo quedará rotulada con el número pq , obviamente, en este caso $(p-1)q+1$ es menor que pq . Dado el caso de que p sea impar, esta enumeración literalmente se invierte, ya que pq es mayor que $(p-1)q+1$; necesariamente, la enumeración se ejecuta de izquierda a derecha.

Una vez realizada la enumeración de filas y columnas, debe conformarse un archivo en medio magnético conteniendo las cuatro coordenadas geográficas que identifican cada UPM, el número con el cual fue codificada y las demás variables de clasificación que estén disponibles: cuenca, corporación, estrato, etc. El archivo así conformado se convierte en un marco de lista que será empleado por el componente estadístico del equipo del IFN para generar una **muestra sistemática** de n UPM, usando un **arranque aleatorio**. Esta muestra es la base para la construcción del marco de segunda etapa; su selección será automatizada y una variable indicadora será usada para identificar las UPM seleccionadas en el marco de lista que será retornado al componente de georeferenciación para la formación de áreas de la segunda etapa.

Antes de continuar con las especificaciones para la construcción de los marcos de las siguientes etapas, es necesario justificar el uso del muestreo sistemático. El uso de este tipo de muestreo para la selección de las unidades de muestreo en cada etapa obedece a que permite: i) una distribución adecuada sobre el terreno, lo que evita que partes de la población de estudio sean más intensamente muestreadas que otras, ii) una fácil estimación de áreas por tipo de bosque y iii) realizar un trabajo de campo más ágil, entre otras ventajas.

En consecuencia, para el IFN, el **Marco de muestreo (MM)** y/o Universo de Estudio se define como el conjunto de todas las unidades primarias (UPM) de muestreo en la población; en consecuencia, el MM es igual a la suma de todas las UPM que conforman la población, es decir el universo de estudio los bosques de Colombia. La UPM se define entonces como el mínimo elemento o parte en que está dividida la población de objetos. La UPM es determinada durante la planificación del IF, dependiendo de la información que se desea obtener de éste. Las UPM pueden ser desde trozas, parcelas, árboles individuales hasta fajas de bosque. Una vez definida la UPM se define el marco de muestreo.

Marco de segunda etapa. En esta etapa, el marco se construye a partir de las n UPM seleccionadas en la primera etapa del muestreo. El proceso consiste, en primer lugar, en dividir cada UPM seleccionada en cuatro cuadrantes de 250.000 m² cada una, y numerarlos como se muestra en la Figura 15.



Fuente Este informe

Figura 15. Marco estadístico de segunda etapa de selección

Los cuadrantes 1 y 4 deben a su vez ser divididos en parcelas rectangulares con una superficie de 0.5 ha ($20 \times 250 \text{ m}^2$), en dirección sur-norte; en tanto que, los cuadrantes 2 y 3 deben ser divididos en parcelas de igual tamaño pero en dirección oeste-este. Así, cada cuadrante contendrá 50 parcelas, o USM, que deben ser numeradas en forma consecutiva: 1 a 50 en el primer cuadrante, 51 a 100 en el segundo cuadrante, 101 a 150 en el tercer cuadrante, y 151 a 200 en el último cuadrante. Las parcelas así conformadas constituyen las Unidades Secundarias de Muestreo o USM.

Al igual que en la construcción del marco de primera etapa, una vez conformadas las USM, se debe generar un archivo, que además de las variables de clasificación inherentes a dicha etapa, contendrá las coordenadas geográficas que identifican cada USM conformada, así como el número asignado a cada una de ellas. Este archivo será usado para realizar la correspondiente selección de USM, siendo 4 el número de USM a investigar por UPM; estas 4 USM serán seleccionadas, como ya se estableció, usando el Muestreo Aleatorio Simple –MAS-. Las $4n$ parcelas seleccionadas serán identificadas en el archivo mediante una variable indicadora para la conformación de las unidades de muestreo de la siguiente etapa.

Marco de tercera etapa. La conformación del marco para esta etapa tiene por base las $4n$ USM seleccionadas en la etapa inmediatamente anterior. Las Unidades Terciarias de Muestreo, UTM, resultan de dividir cada USM en 25 subparcelas rectangulares de $10 \times 20 \text{ m}^2$, de tal manera que, en esta etapa, el marco contendrá $100n$ de estas unidades. La enumeración de las UTM debe realizarse al interior de cada USM de forma consecutiva.

Al igual que antes, el marco de lista debe contener las variables construidas en las etapas anteriores, además de las coordenadas geográficas y el código que identifican cada UTM. El tamaño de muestra para esta etapa se ha fijado en 3 UTM por USM, por lo que en total se escogerán con MAS, $12n$ UTM por cada UPM, que serán usadas para medir el tipo de vegetación correspondiente y para la conformación de las unidades de muestreo de la última etapa.

Marco de cuarta etapa. En este caso la vegetación de interés son los brinzales. La superficie a ser investigada está constituida por rectángulos de 2x5 m². Dentro de cada UTM, se escogerán, distantes dos metros del borde, 4 rectángulos de este tamaño. En la Figura 16 se muestra el proceso metodológico para la selección de cada uno de los marcos explicados anteriormente.



Figura 16. Método de selección en cada una de las etapas del marco estadístico

7.4. Diseño muestral del IFN

El diseño muestral es el conjunto de procesos que permite establecer el método de selección de la muestra, su tamaño y la forma funcional de los estimadores de los parámetros poblacionales de interés y sus respectivos errores de muestreo; en tanto que, sus elementos técnicos se fundamentan en los objetivos de la investigación, las características del estudio, la naturaleza y periodicidad de los parámetros a ser estimados, el grado de desagregación geográfica requerida en los resultados y los recursos disponibles.

Dado que uno de los principales objetivos del IFN es estimar el estado y comportamiento de las variables más representativas de los bosques del país, los cuales albergan gran cantidad de especies diferentes lo que hace inviable la realización de un censo, debido a los costos que dicha actividad demanda, por lo anterior, el IFN se realizará mediante una **muestra probabilística de áreas, estratificada y multietápica (cuatrietápica)**, según se explica a continuación:

Muestra Probabilística: el hecho de tratarse de una muestra probabilística, hace que cumpla con las siguientes condiciones:

- Es posible definir todas las posibles muestras que se pueden obtener dado el diseño de muestreo.
- Cada muestra posible tiene asociada una probabilidad de selección.

- El procedimiento de muestreo asigna a cada elemento de la población una probabilidad conocida no nula de ser seleccionado.
- Las muestras probabilísticas permiten fijar errores a priori, es decir, antes de ir a campo.
- Solamente con las muestras probabilísticas es posible hacer estimaciones al universo de estudio definido.

El muestreo probabilístico es la decisión óptima para los objetivos planteados en el Inventario Forestal Nacional.

Muestreo de áreas: Pues las unidades a seleccionar son sectores territoriales cubiertos por algún tipo de bosque. Estas áreas son conglomerados desde el punto de vista estadístico, y en para cada etapa del muestreo se diseñaron dichas unidades con diferente superficie.

Si fuese una muestra de elementos, donde las unidades de selección están conformadas por un solo elemento, sería imposible operativamente su realización, por lo tanto al tratarse de una muestra de áreas, donde cada área seleccionada está conformada por varios elementos, se pierde un poco en precisión pero se gana en operatividad y economía. Las áreas de selección deberán ser de tamaño diferente, dado que son diferenciales las características para cada etapa de desarrollo de los árboles: fustal, latizal y brinzal.

En algunos casos las áreas pueden ser demasiado grandes y la recolección de la información se hará compleja o en otros demasiado pequeñas y su dispersión grande, lo cual genera de igual manera problemas de tipo operativo. Es por esos que se debe tener tamaños diferenciales por parcela y de esta manera equilibrar lo teórico con lo práctico.

Muestra estratificada: Porque la superficie del país, cubierta por algún tipo de bosque es agrupada de acuerdo con el piso bioclimático, el ecosistema boscoso y la superficie cubierta por los bosques; este último agrupamiento fue realizado a nivel de las UPM.

Una estratificación óptima deberá ser aquella en que la clasificación de las unidades de muestreo (UPM, USM, UTM), presente la menor varianza para todos los indicadores forestales definidos de acuerdo al error de muestreo predeterminado. Si el área de una corporación, cuenca, o país cubierta por bosques es muy homogénea, la estratificación no es necesaria. Sin embargo, por consideraciones básicas de la teoría del muestreo, eficiencia de la investigación, complejidad de los bosques de Colombia y procedimientos del estudio, se deben crear estratos que sean homogéneos al interior y heterogéneos entre ellos, además que con el muestreo estratificado se optimizan los diseños muestrales.

En el momento de definir los tamaños de muestra y después de analizar el comportamiento de algunas de las variables la estratificación se plasma sobre el marco geo-estadístico, el cual permite el acceso al universo de estudio en el momento de recolectar la información y seleccionar la muestra (**Ver Marco geo-estadístico para la estratificación y subestratificación**).

Muestreo en cuatro etapas: porque la selección de las unidades de muestreo se efectúa en cuatro etapas. La selección es anidada en el sentido de que primero se seleccionaran las UPM, al interior de estas se seleccionaran USM y al interior de esta se seleccionan las UTM y así sucesivamente. Como se ha mencionado, el diseño de cuatro etapas de muestreo obedece a los diferentes tipos de vegetación que se van a investigar y una vez seleccionada una unidad de muestreo en una etapa particular, se medirá todo el tipo de vegetación existente al momento de la medición, para la cual fue diseñada.

Todas las etapas de selección de las unidades de muestreo se realizan en oficina, de manera independiente, para cada nivel de agregación.(nacional, Corporación, Unidad hidrográfica).

7.5. Especificaciones para la estimación del tamaño de la muestra

La determinación del tamaño de muestra óptimo en una Encuesta por Muestreo en general y del inventario forestal en particular se constituye en uno de los aspectos más relevantes, pues asignar un tamaño muy grande redundaría en un aumento de los costos, mientras que tomar un tamaño muy pequeño va en detrimento de la calidad (precisión) de las estimaciones.

Para determinar el tamaño muestral se utiliza la fórmula desarrollada para estimar el tamaño de muestra en un MAS sin reemplazamiento. Esta será la metodología adoptada para el cálculo del tamaño de muestra a emplear en la implementación del Inventario Forestal Nacional (IFN); en este caso, y puesto que el estudio requiere contar con información representativa por corporación y el diseño de muestreo contempla la selección de conglomerados en diferentes etapas, se calcularán tamaños de muestra independientes para cada una de estas subpoblaciones (CAR), usando la fórmula del muestreo aleatorio simple sin reemplazamiento, ajustado por el efecto del diseño (EFD). El tamaño de muestra total, es por tanto, la sumatoria de los tamaños de estas subpoblaciones. Así, la fórmula aplicada para la estimación del tamaño de muestra en cada sub-población está dada por,

$$n_k = \frac{EFD \frac{z_k^2 CV_k^2}{\epsilon_k^2}}{1 + EFD \frac{z_k^2 CV_k^2}{N \epsilon_k^2}}, \quad k = 1, 2, \dots, 33 \quad (1)$$

y el tamaño total a nivel nacional por,

$$D_{KL} = \frac{1}{N_K N_L} \sum_{i \in C_K} \sum_{j \in C_L} [d(i, j, x_i, x_j)]$$

$$n_o = \sum_k n_k \quad (2)$$

Como se observa en la formula (1) el tamaño de muestra depende de cinco factores, a saber:

1. **La confiabilidad de las estimaciones.** Esta confiabilidad está garantizada por z_k que corresponde al cuantil de una distribución normal estándar, e indica el porcentaje esperado de veces que las estimaciones obtenidas a partir de muestras aleatorias simples independientes se encuentren como máximo a una distancia ϵ_k del verdadero valor del parámetro.
2. **La variabilidad de la población,** medida por el coeficientes de variación poblacional, CV_k , dado por

$$CV_k = \frac{S_{\hat{\theta}_k}}{\hat{\theta}_k}$$

Donde $\hat{\theta}_k$ corresponde al estimador del parámetro usado para calcular el tamaño de muestra; el parámetro puede ser el total, la media o la proporción de alguna característica de los elementos de la población.

1. **La precisión de las estimaciones,** representada por ϵ_k , corresponde al error relativo máximo permisible en la estimación de los parámetros.
2. **El tamaño de la población,** dado por N .
3. **El efecto del diseño (EFD).** Este factor esta dado por la razón de varianzas.

$$EFD = \frac{VAR(\hat{\theta}_{CONG})}{VAR(\hat{\theta}_{M.A.S.})}$$

y corrige el tamaño de muestra para alcanzar la misma precisión que si se utilizara un muestreo aleatorio simple de elementos. En el caso del IFN como el diseño propuesto es de conglomerados, el EFD es una cantidad mayor que 1, lo que aumenta el tamaño de muestra pues, en general, el muestreo por conglomerados es menos eficiente que el Muestreo Aleatorio Simple.

Finalmente, una muestra es una parte o subconjunto de la población, la cual normalmente se selecciona con el fin de capturar información sobre una porción de la población y hacer inferencias sobre la misma. El muestreo significa la medición de ciertas características o variables de la muestra. Para el caso del IFN, el área total de bosque puede denominarse el **universo de estudio** y cada superficie medida, una unidad de muestreo. Las unidades de muestreo tomadas en conjunto, constituyen la muestra, sobre la cual se basa el cálculo.

Para el caso del IFN, el **universo de estudio, lo constituye** el área total del país con cobertura vegetal de bosques²¹; es decir, los ecosistemas con bosque natural (60,7 millones de ha), con vegetación secundaria (7,9 millones de ha) y con bosque de

²¹ Teniendo en cuenta que el objetivo de estudio de esta investigación estadística son los bosques del país en el contexto de los ecosistemas anteriormente mencionados, y de acuerdo con la definición establecida en el numeral 4. 7 de este documento.

manglar. Según el mapa de ecosistemas, éste universo ocupa un área total de **69'394.812,85 ha** del territorio nacional (Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia IDEAM *et. ál*, 2007).

La recolección de información en campo sobre los bosques ya mencionados se realiza de acuerdo a la selección de la muestra probabilística aplicada sobre el universo de estudio, el cual indica los sitios específicos donde se deben registrar los datos a través del formato de captura que se explicará en numerales posteriores de este documento.

7.5.1. *Tamaño de la muestra*

Hace referencia al número de UPM que conforma la muestra. En forma general, cualquier conjunto de datos observados forma parte de un conjunto mayor de datos potenciales pero no observados. El conjunto de datos observados se denomina muestra, en tanto que el grupo mayor se denomina población.

Las **poblaciones** se describen mediante características denominadas **parámetros**. Las **muestras** se describen por las mismas características, pero en este caso se llaman **estadísticos** (la media de una muestra se llama estadístico). Los estadísticos se calculan para estimar los parámetros de la población.

Para que se pueda inferir características de la población, la muestra debe ser **representativa**. Para asegurar esta representatividad se debe tener certeza que todos los elementos de la población posean igual probabilidad de ser seleccionados como parte de la muestra. Esto se desarrolla mediante la aplicación de técnicas estadísticas y de un diseño muestral.

7.5.2. *Tamaño, Número y Forma de las Unidades de Muestreo*

Determinar el tamaño óptimo de las parcelas es una de las tareas de mayor complejidad en el diseño del IFN, para ello hay que tener una identificación completa de la población de estudio, los bosques del país, y su ubicación geográfica, todo esto se consigue con la visualización del marco estadístico para Colombia y que actualmente está en construcción. Inicialmente el número de parcelas en una investigación forestal viene determinado por distintos factores: los costos, los tiempos del operativo de campo, el tipo de ecosistema y particularmente la variabilidad de los bosques. Se ha indicado con anterioridad que el IFN es una investigación multipropósito, es decir se va a investigar diferentes tipos de variables de diferente naturaleza y comportamiento estadístico, en principio se busca una variable mas variable, valga la redundancia que permita estimaciones dentro de los niveles de precisión establecidos.

Según Eugene Thomas²² las parcelas de muestreo pequeñas usualmente presentan más variabilidad relativa (tienen un mayor coeficiente de variación) que parcelas grandes. La varianza en volumen por acre sobre una parcela de $\frac{1}{4}$ acre es usualmente más grande que la varianza en volumen de una parcela de $\frac{1}{2}$ de acre pero ligeramente menor que para parcelas de $\frac{1}{5}$ de acre. La relación del tamaño de la parcela y los cambios de varianza de una población a otra, en general, parcelas grandes tienden a

²² Avery Eugene Thomas and Burkhardt E. Harold, 1994. Forest Measurements. McGRAW – HILL, INC. New York, EEUU.

tener menos variabilidad relativa, puesto que los efectos de las áreas densas o cerradas y las áreas abiertas se promedian. En poblaciones uniformes (plantaciones), cambios en el tamaño de la parcela tienen poco efecto sobre la varianza.

Sin embargo los tamaños de las parcelas de una investigación, de manera frecuente son seleccionados con base en la experiencia. El objetivo del investigador será el de seleccionar el tamaño más eficiente en consonancia con la variabilidad producida. Según Freese (1962) el coeficiente de variación para diferentes tamaños de parcelas puede ser determinado por la fórmula siguiente:

$$(CV_2)^2 = (CV_1)^2 \sqrt{P_1/P_2}$$

donde:

CV_2 = Coeficiente de variación estimado para el nuevo tamaño de parcela

CV_1 = Coeficiente de variación conocido para la parcela de tamaño previo

P_1 = Tamaño de parcela previo

P_2 = Nuevo tamaño de parcela

Según MAVDT²³ en cuanto a la forma de las parcelas, este queda a criterio del investigador, quien la escoge de acuerdo a su experiencia, al grado de preparación del personal y al equipo e instrumentos que posee. Teniendo en cuenta el MAVDT, para bosques tropicales se recomienda la parcela de forma rectangular ya que las parcelas de forma circular no son muy utilizadas debido a su complejidad para su localización y toma de datos debido a la presencia de sotobosque y la falta de visibilidad. Las parcelas cuadradas no son recomendables porque pocas veces resultan con un tamaño preciso debido a las características topográficas en las que se encuentra localizada la población objeto de estudio (los bosques).

En general la documentación respecto al tamaño y forma óptima de las parcelas es escasa. El tamaño y número de parcelas planteada para el IFN colombiano, se basa en la metodología de simulación de población implementada por Leonardo Bautista (1998)²⁴.

7.5.3. *Determinación del tamaño y el número de unidades de muestreo*

Para obtener estimaciones exactas del volumen por hectárea o el volumen total de un bosque en un inventario forestal, se puede utilizar cualquier tipo de parcela. Sin embargo, la precisión y el costo del inventario pueden variar significativamente con el tipo de parcela utilizado.

Las Unidades Primarias de Muestreo (UPM), corresponden a superficies de 1 km², se constituyen en un mecanismo para ganar acceso a las unidades de muestreo en las restantes etapas, en las cuales se realizarán las mediciones de interés. Este tamaño de

²³ IBID

²⁴ Bautista, L. (1998). Diseños de muestreo estadístico. Universidad Nacional de Colombia Bogotá – Colombia.

la UPM, es un tamaño muy variable por país. Sin embargo, el más utilizado es el de 1 km².

En el Inventario Forestal Mundial propuesto por la FAO (año 2006), se consideran UPM de 30 Km X 30, pero las unidades secundarias de muestreo, las cuales corresponderían a las unidades primarias de muestreo de cada país, son de 1 Km por 1 Km. Lo que garantiza la comparabilidad de la información. Para definir el tamaño de las restantes unidades muestrales se deben realizar varios ejercicios de simulación.

La metodología para determinar el tamaño y el número de parcelas consiste en la generación de valores de una o varias variables de la población de interés, que reflejen el comportamiento que se puede encontrar a la hora de tomar los datos del recurso forestal. La escogencia de la variable es muy importante en el proceso, y está estrechamente ligado al conocimiento de la función de distribución de probabilidad de dicha variable de tipo aleatorio. El proceso de simulación de la población de interés, se realizó en varios pasos. Con el fin de escoger los tamaños óptimos de las unidades de muestreo anidadas en las UPM, se utilizó la información de la prueba piloto realizada en la el Departamento de la Guajira respectivamente. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1: Mediante el análisis de diversas variables de interés en el IFN, como biomasa, volumen, carbono, altura, etc., se decide realizar en primera instancia trabajar con la variable altura, ya que al mirar su distribución de frecuencias es simétrica (figura 23), similar a la de una variable con distribución normal²⁵.

Paso 2: teniendo en cuenta lo anterior, para los fustales se simuló la variable aleatoria DAP con una distribución gamma de parámetro 16,99 de escala y 1,59 de forma. Con respecto a latizales, se simuló una variable aleatoria gamma de parámetro 25,99 de escala y 0,26 de forma.

Paso 3: para determinar el número de subparcelas a muestrear para los fustales, se parte del hecho de que el tamaño de cada unidad primaria de muestreo (UPM) tiene una extensión de 1km x 1km, y que en promedio dentro de cada UPM se pueden encontrar 37200 fustales según los resultados obtenidos en la Guajira.

Paso 4: cada UPM de 1km x 1km, se divide en número fijo de conglomerados secundarios de muestreo o Unidades Secundarias de Muestreo (USM), para este caso, se escogieron los tamaños 50, 100, 150 y 200, que corresponden a 2, 1, 0.67 y 0.5 hectáreas respectivamente.

Paso 5: se calcula el coeficiente de variación (CV) tomando distintos tamaños de muestra (distinto número de Conglomerados Secundarios de Muestreo o Unidades Secundarias de Muestreo). Se decide tomar los tamaños de muestra 2, 3, 4 y 5.

Paso 6: se aplica el método de Monte Carlo²⁶ para obtener estimaciones estables de los coeficientes de variación. A continuación se muestran los resultados realizados en el paquete estadístico SAS versión 9.1 (Cuadro 11):

²⁵ Los datos con los cuales se trabajó pertenecen al inventario forestal regional realizado por Cortolima.

²⁶ El método consiste en realizar 1000 veces el procedimiento para estabilizar las estimaciones.

Cuadro 11. CV en porcentaje para distinto número de USM por cada UPM, con varios tamaños de muestra

Número de USM a muestrear en la UPM	Cantidad de USM probables en cada UPM			
	50 (de 2 ha)	100 (de 1 ha)	150 (de 0.67 ha)	200 (de 0.5 ha)
2	7.4	5.9	5.7	5.8
3	5.9	4.8	4.6	4.7
4	5.1	4.1	4.0	4.1
5	4.5	3.7	3.6	3.6

Paso 7: se observan los CV menores al 5%, como se aprecia no hay una diferencia considerable en los valores para los tamaños 100 unidades de 1 ha, 150 unidades de 0,67 ha y 200 unidades de 0,5 ha pero si disminuye casi en un 1% al aumentar de 3 a 4 subparcelas muestreadas, por ello se decide escoger el tamaño 200 unidades de 0,5 ha y tomar 4 subparcelas para la muestra, obteniendo un valor de 4,1%. Por tanto, cada USM tendrá una extensión de 0,5 hectáreas, o equivalentemente de 5.000 m².

Paso 8: se debe ahora determinar el tamaño de los conglomerados terciarios de muestreo o Unidades Terciarias de Muestreo (UTM) en donde se medirán los latizales, tomando como referencia que cada USM, tendrá una extensión de 5.000 m², y que dentro de cada USM se pueden encontrar en promedio 1.500 latizales.

Paso 9: análogamente al procedimiento usado para fustales, en principio se divide cada USM en 5, 10, 15, 20 y 25 UTM partes iguales, que corresponden respectivamente a unidades de muestreo de 1000, 500, 333, 250 y 200 metros cuadrados.

Paso 10: se toman varios tamaños de muestra (en este caso corresponde a tomar distinto número de UTM) y se calcula el coeficiente de variación usando el método de Monte Carlo. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 12. CV en porcentaje para distinto número de UTM por cada USM, con varios tamaños de muestra.

Número de UTM a muestrear en cada USM	Cantidad de UTM probables en cada USM				
	5 (de 1.000 m ²)	10 (de 500 m ²)	15 (de 333 m ²)	20 (de 250 m ²)	25 (de 200 m ²)
2	19,2	15,9	14,4	14,0	13,9
3	12,7	12,2	11,4	11,1	11,0
4	7,8	9,7	9,4	9,3	9,4

Paso 11: Escogiendo los coeficientes de variación menores al 15%, en EL Cuadro 12 se aprecia que se presentan saltos importantes en el CV al tomar más UTM en la muestra, mientras que al aumentar el número total de UTM por cada USM no se evidencia un cambio significativo. Como puede verse, hay varias combinaciones que se podrían elegir, pero debido al costo operativo, se decide escoger el tamaño 25 UTM de 200 m² por cada USM y tres UTM en la muestra. Es decir que en cada USM se deben escoger 3 subparcelas para medir latizales o UTM que debe tener un área de 200 m² cada una de ellas.

Paso 12: Finalmente, para determinar el tamaño de los conglomerados cuaternarias de muestreo o Unidades Cuartas de Muestreo (UCM), donde se medirán brinzales, se tiene en cuenta que cada UTM tendrá un área de 200 m², y que dentro de cada una de estas UTM se pueden hallar en promedio 5000 brinzales.

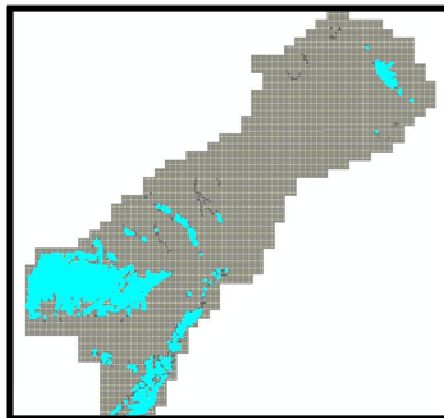
Al asociar los diferentes tamaños de conglomerados o unidades muestrales definidas, con la metodología de selección en cada etapa, se presenta seguidamente un esquema donde se resume la selección.

Como se mencionó anteriormente, para el IFN se trata de un muestreo de áreas, que para fines estadísticos se constituyen en conglomerados de árboles, por lo que las unidades de muestreo son conglomerados. Ahora bien, el diseño de cuatro etapas de muestreo corresponde a la necesidad de obtener mediciones sobre diferentes arboles en diferente estado de desarrollo: fustales, latizales y brinzales, y a la complejidad del trabajo de campo.

7.5.4. Selección de las Unidades de muestreo

7.5.4.1. Unidades Primarias de Muestreo -UPM

En este diseño, como se explicó anteriormente en el capítulo 6, las UPM corresponden a superficies de 1 km² (100 ha) y se constituyen en un mecanismo para ganar acceso a las unidades de muestreo en las restantes etapas, en las cuales se realizarán las mediciones de interés. En este orden de ideas las unidades de muestreo se anidan a medida que aumentan las etapas, por lo que el tamaño de los conglomerados disminuye con cada etapa. Las UPM se seleccionarán en el área de jurisdicción de cada corporación ocupada por ecosistemas boscosos, realizando un muestreo de tipo **sistemático**, y una vez que se haya tomado la decisión de los tamaños de muestra por corporación (Figura 17). En la figura 17 se observan las diferentes cuadrículas que corresponden a las UPM. En color gris se señalan las coberturas diferentes de bosque y en color azul las coberturas de bosque natural, vegetación secundaria y manglar. La muestra de UPM se selecciona sobre las áreas de color azul o bosques objeto de este estudio.



Fuente: Este informe

Figura 17. Marco de áreas departamento de La Guajira

7.5.4.2. Unidades Secundarias de Muestreo - USM

Una vez seleccionadas las UPM, y con el fin de mantener la aleatoriedad en la selección de la muestra en cada una de las etapas, se debe dividir cada una de las UPM seleccionadas en 4 subbloques iguales (colores gris y amarillo) numerados de 1 a 4 en sentido de las manecillas del reloj y de 25 hectáreas cada uno (500 x 500m), como se muestra en la Figura 18. Cada cuadrante se divide a su vez en 50 áreas rectangulares de 20 X 250 m, (5.000 m² ó 0,5 ha) cada una de las cuales conforman las USM. Cada USM presenta la misma probabilidad de ser seleccionada mediante un **muestreo aleatorio simple**, pero solo una es la elegida en cada sub-bloque. En las USM se tomarán las mediciones de todos los árboles de interés cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP), medido a 1,30 m de longitud desde la base del árbol es igual o mayor a 10 cm. En las USM, la población de interés corresponde a los fustales.

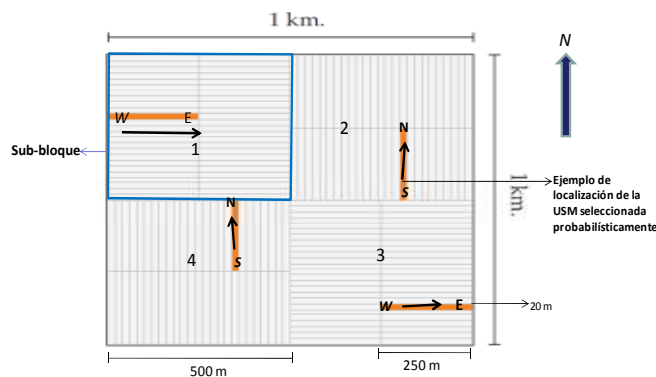


Figura 18. Ver figura 19. (Nota: Todo este trabajo se realiza en oficina)

Como se observa en la Figura 19, la UPM se divide en 4 subbloques (colores gris y amarillo) numerados de 1 a 4 en sentido de las manecillas del reloj y de 500 x 500m. Cada cuadrante se divide a su vez en rectángulos que conforman la USM (20x250m), todos con igual probabilidad de selección, pero solo uno es el seleccionado en cada sub-bloque.

7.5.4.3. Unidades terciarias de muestreo - UTM

Las UTM son sectores de terreno rectangulares de 10x20m (200 m²) de superficie; en estas unidades de muestreo la población a medir corresponde a los latizales, vale decir, árboles cuya altura sea mayor a 150 cm y un diámetro a la altura del pecho inferior a 10 cm. De igual manera, para la selección de las UTM, se emplea el muestreo aleatorio simple, así, cada USM se divide a su vez en 25 áreas rectangulares más pequeñas de 200 metros (10x20 m²) y se seleccionan 3 UTM, por cada USM (Figura 19).

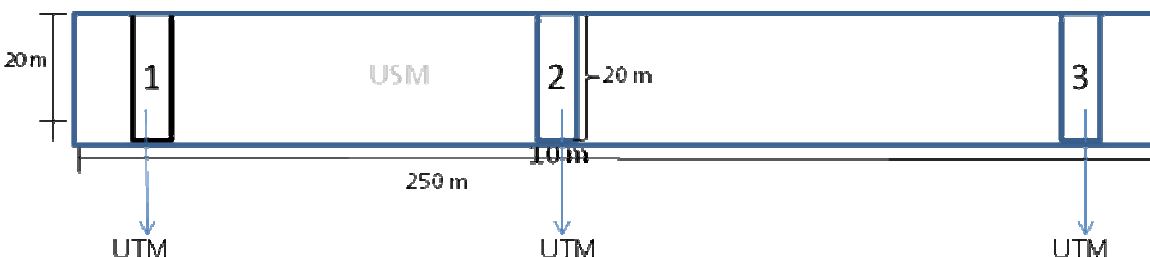


Figura 19. Esquema y ejemplo de localización de las UTM

Para efectos de la toma de datos en campo y de generar los indicadores de estructura, la USM se divide en cuadrantes de 10 x 10m (100m²) numerados en sentido de culebrilla, donde el cuadrante 1 siempre se localizará a la izquierda del jalón principal (Figura 20).

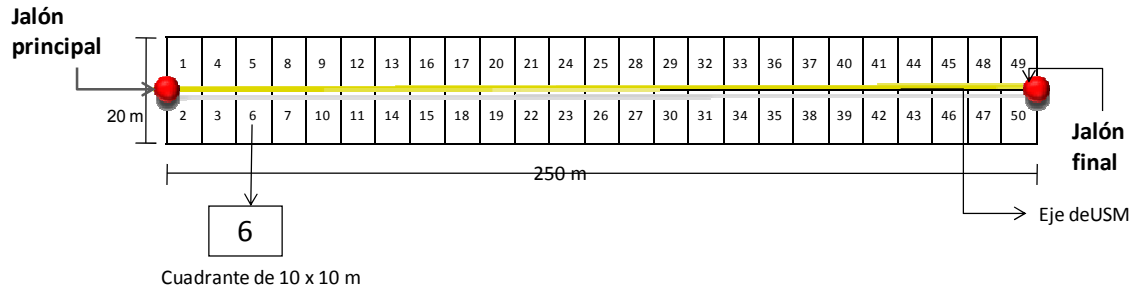
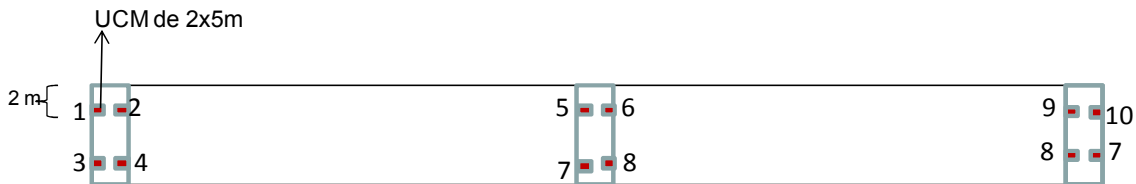


Figura 20. Esquema de la USM

7.5.4.4. Unidades cuartas de muestreo - UCM

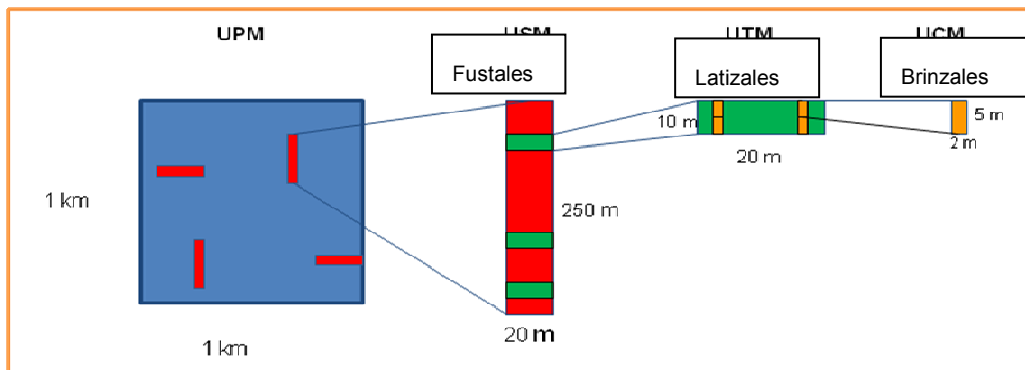
En este caso la vegetación de interés son los brinzales, correspondiendo a árboles en estado juvenil) cuya altura se encuentre entre 31 cm y 150 cm. La superficie a ser investigada está constituida por rectángulos de 5x2m (10 m²). Es decir las unidades cuartas de muestreo corresponden a 4 rectángulos de 2x5m (10m²), localizados (anidados) al interior de las UTM, distantes del borde de estos dos metros, como se muestra en la figura 5. Para efectos del muestreo en campo y del cálculo de los indicadores estructurales, cada UCM se numera como aparece en la Figura 21.



En la figura 5 se muestra el ejemplo de anidamiento de las UCM dentro de las UTM y la numeración de cada UCM. Note que las UCM se localizan 2 m al interior de cada UTM.

Figura 21. Estructura y ejemplo de localización de las UCM

En la Figura 22, se muestra un ejemplo de cada una de las etapas del diseño, así como el tamaño y la cantidad de unidades muestrales a ser seleccionadas.



Con color azul se muestra la UPM, con rojo las 4 USM con verde las 3 UTM con anaranjado las 4 UCM

Figura 22. Ejemplo de las etapas de selección de las unidades muestrales en el diseño del IFN

En el Cuadro 13 se presenta un resumen de las diferentes unidades de muestreo:

Cuadro 13. Tipo y dimensión de las Unidades Muestrales en el IFN

Tipo de parcela	Dimensión de la parcela	Cantidad	Datos que se registran	Observaciones
Fustales	250 x 20 m	4 por UPM	Todos los árboles con DAP \geq 10 cm. Condición, nombre común, Alturas, diámetros, estado fuste, usos y cubicación	Se colectan ejemplares para identificación y se toman muestras de suelos. Se materializan subparcelas de 10 x 10 m para control de calidad
Latizales	20 x 10 m	3 por USM	Todos los árboles con DAP < 10 cm. Y Ht > 1.50 m. Nombre común, Alturas y daños.	Se localizan al interior de las parcelas de fustales. Se colecta material botánico para su identificación
Brinzales	5 x 2 m	4 por UTM	Todos los árboles con altura entre 0.3 m. \leq 1.50 m. Nombre común, cantidad.	Se localizan al interior de las parcelas de latizales.

7.5.5. Determinación de la forma de las unidades de muestreo

La forma usual de las unidades de muestreo es cuadrada, rectangular y circular. A su vez, dentro de cada parcela se pueden encontrar subparcelas (que pueden tener una forma distinta al de las parcelas), por ejemplo, en la primera etapa las parcelas corresponden a las UPM y las subparcelas a los USM. Las subparcelas pueden ser ordenadas de diferentes formas, dicho arreglo puede ser en forma de Y, en Y invertida, de forma circular, y/o cuadrada etc. A continuación se muestran dos ejemplos, una parcela de forma circular, con subparcelas de forma rectangular y ordenamiento en Y invertida, y el segundo ejemplo corresponde a una parcela rectangular con subparcelas de forma cuadrada con ordenamiento en forma de cuadro (Figura 23 y 24).

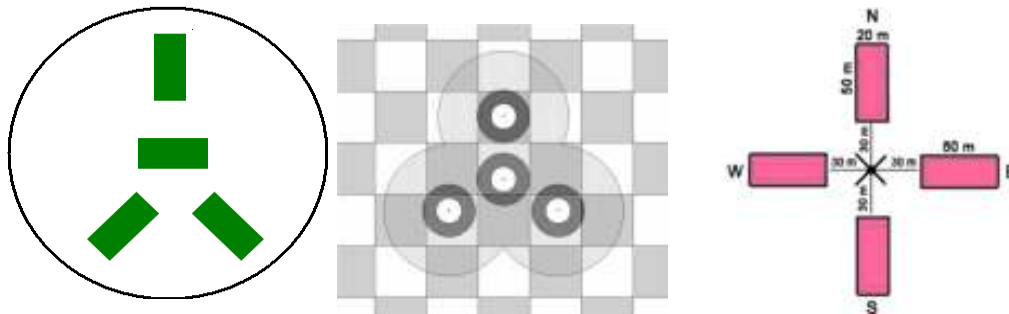


Figura 23. Parcela circular con subparcelas rectangulares ordenadas en Y y en cruz

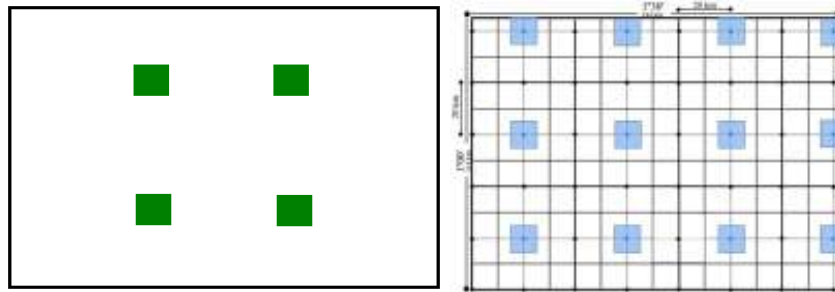


Figura 24. Parcela rectangular con subparcelas cuadradas ordenadas en forma de cuadro

Según MAVDT²⁷ en cuanto a la forma de las parcelas queda al criterio de decisión del investigador, quien la escoge de acuerdo a su experiencia y al grado de preparación del personal y al equipo e instrumentos que posee. Como se mencionó, la forma puede ser circular, cuadrada o rectangular. Todas ellas tienen diferentes ventajas: en cuanto al efecto de borde las que menos perímetro tienen y, por tanto menos efecto de borde, son las circulares, seguidas de las cuadradas y, por último, las rectangulares. Para cualquiera de las tres formas se debe considerar la pendiente del terreno al momento del establecimiento de la parcela, ya que esta debe garantizar el área real en un plano horizontal, aun cuando su proyección en el terreno quede “alargada” o ligeramente distorsionada. Las parcelas cuadradas y rectangulares aparentemente son más fáciles de materializar en campo, pero en realidad las parcelas circulares son aún más fáciles de montar, debido a que solo requieren materializar un punto (el centro) y es justamente por ser menor el perímetro, que la posibilidad de encontrar árboles en los bordes es muy baja. Sin embargo, si se decide utilizar unidades de muestreo grandes, las circulares comienzan a tener problemas ya que podría perderse la visibilidad a los extremos por la presencia de sotobosque.

La principal ventaja de las parcelas rectangulares y la más contundente para efectos del IFN, es la posibilidad de determinar o registrar la variabilidad de un bosque a lo largo de su lado más largo, a manera de transepto, y con ello, la posible presencia de gradientes ambientales o efectos de sitio en los suelos, que determinen la presencia o diferenciación de especies. Esto es determinante en ecosistemas que son particularmente susceptibles a los cambios de los sustratos o condiciones físico químicas del suelo o las aguas en las que vive; como en el caso de los manglares, que en pocos metros, de acuerdo con la posición con respecto a los cuerpos de agua (mar, ríos o ciénagas) y la correspondiente influencia de las condiciones de salinidad y nutrientes pueden encontrarse bosques monoespecíficos de una especie, poco a poco (a medida que se avanza hacia el interior del bosque) puede verse la consociación de varias especies, las cuales pueden cambiar paulatinamente hasta volverse, en las zonas más internas, monoespecífica de otra especie diferente a la primera.

En bosques tropicales se suele preferir la forma cuadrada o rectangular de las unidades de muestreo y las parcelas de registro. Corrientemente pueden ser fajas de una

²⁷ IBID

anchura dada (de 10 a 25 m².) a lo largo de líneas paralelas de penetración, atravesando la maleza y recorriendo toda la superficie objeto de inventario o bien una parte o un estrato de ella. La anchura no suele exceder de 30 m. es decir 15 m a cada lado de la línea de penetración, a fin de tener un buen control de las operaciones de registro, y dicha anchura puede medirse bien horizontalmente o bien pegado al terreno, pero la toma de datos es más larga y quizá menos veraz a causa de los árboles dudosos de borde; el segundo método puede ser más veraz, pero implica la medición de las pendientes transversales y más cálculos.

Las parcelas de muestreo pueden ser también rectangulares, líneas de parcelas rectangulares, siendo en el segundo caso unidades de registro y no unidades de muestreo. Las parcelas no pueden utilizarse como elementos de muestreo si la distancia entre dos parcelas consecutivas es tal que no proporcione suficiente seguridad de independencia estadística con respecto al parámetro objeto de estimación.

De acuerdo con Melo (2002), una de las parcelas más utilizadas en los diferentes tipos de estudios de vegetación, corresponde a las parcelas rectangulares, en las cuales se facilita la evaluación de variables, caminando en línea recta, sin necesidad de hacer grandes desplazamientos laterales. Igualmente, el impacto dentro de la parcela se puede disminuir considerablemente, puesto que parte de la información se puede recolectar desde el exterior de la unidad

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se decide trabajar con unidades primarias (UPM) de forma cuadrada y parcelas rectangulares para las etapas restantes, es decir la forma que tendrán los USM, los UTM y los UCM es rectangular. Ahora, de acuerdo a la experiencia en Inventarios Forestales de tipo regional realizados en el país se concluyó que para los USM que serán de 5000 m² las dimensiones adecuadas son de 250m x 20m, para los UTM de 200 m² las dimensiones serán de 20m x 10m y para los UCM de 40 m² las dimensiones serán de 5m x 2m. La Figura 25 resume, todo lo correspondiente a tamaño, número y forma de las unidades de muestreo.

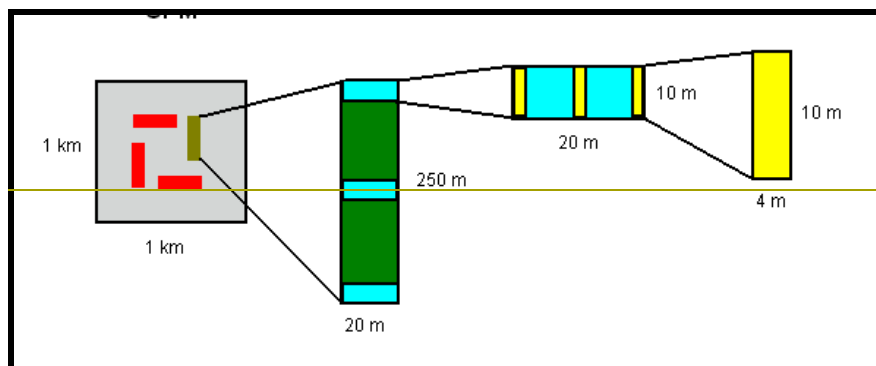


Figura 25. Arreglo de las unidades de muestreo para el IFN

Dentro de algunas unidades de observación va ha ser necesario establecer parcelas permanentes para estudios de crecimiento, biomasa y carbono representativas, a partir de las cuales, MAVDT – IDEAM - CARS obtendrían de la unidad de observación un

reporte anual, con el fin de mantener una información dinámica acerca de los bosques naturales del país.

7.6. Establecimiento de los escenarios muestrales

El establecimiento de los diferentes escenarios muestrales lleva implícito *el nivel de confianza* de los datos tomados en campo y al mismo tiempo *el error máximo permisible* lo que se traduce en una *precisión y exactitud de datos levantados*.

7.6.1. Nivel de confianza y el error máximo permisible:

El nivel de confianza y el error máximo permisible corresponden a la confiabilidad y precisión mínimas deseadas para las estimaciones, por esta razón se fijan de antemano, al igual que el efecto del diseño; por su parte, el tamaño de la población (N) es conocido y el coeficiente de variación poblacional que es desconocido debe estimarse, usando la información alcanzada en algún estudio previo, o en su defecto a través de una prueba piloto.

Para el establecimiento de los escenarios de muestra se trabajó con niveles de confianza del 90 y 95%, y errores de estimación máximo permisibles entre el 1 y el 15%, y con un EFD entre el 1.2 y el 1.4; el EFD es un valor supuesto pues no existe ningún valor previo. Puesto que existe la posibilidad de pérdida de muestra, ya sea por fenómenos naturales como inundaciones, difícil acceso, etc., o por problemas de orden público, es necesario determinar una sobre muestra. Así, el tamaño de muestra nacional final, n_f , ajustado por este factor esta dado por:

$$n_f = \frac{n_o}{1 - pm}$$

donde:

pm = indica la proporción esperada de pérdida de muestra.

Así por ejemplo, si se asume una pérdida esperada del 10%, se tiene que:

$$n_f = \frac{n_o}{0.9}$$

La proporción esperada de pérdida de muestra se ha fijado cerca de un 10%. Finalmente, es necesario anotar que la decisión final sobre el tamaño de muestra a emplear está sujeto al presupuesto disponible, factor este de gran importancia.

El criterio de escogencia de la variable para el cálculo de tamaño de muestra se realizó tomando en cuenta la variación relativa, es decir se tomó como variable de referencia la que mayor variación relativa presente con respecto a las demás, puesto que el tamaño de muestra es inversamente proporcional al error de muestreo, es decir si se requieren bajos errores de muestreo se necesita un tamaño de muestra grande y viceversa.

La determinación del tamaño de muestra óptimo, en una Encuesta por Muestreo en general y del inventario forestal en particular, se constituye en uno de los aspectos más relevantes, pues asignar un tamaño muy grande redundaría en un aumento de los costos, mientras que tomar un tamaño muy pequeño va en detrimento de la calidad (precisión) de las estimaciones.

7.6.2. El Error de Muestreo para cada nivel de análisis

Para el IFN se tienen los siguientes parámetros de calidad estadística, lo que constituye la base del diseño de la muestra. Es decir, incluye la determinación de la cobertura geográfica de la investigación a diferentes niveles de agregación, correspondiendo a cada una de ellas un Error de muestreo y una Probabilidad respectiva (Cuadro 14).

Cuadro 14. Error de muestreo por nivel de análisis para el IFN

Cobertura Geográfica	Error de muestreo	Probabilidad
País:	inferior al 5%	95%
Cuencas Hidrográficas	5 - 10%	95%
Jurisdicción CAR – CDS	menor o igual 10%	95%

La cobertura hace especial referencia a la población objeto de estudio. La caracterización de los bosques naturales debe cubrir, en principio, todo el territorio nacional, tanto insular como continental, excluyendo las coberturas vegetales ya citadas. Esa cobertura específica tiene particular importancia para el establecimiento del marco estadístico de la investigación de los bosques naturales, es decir definir el tamaño y distribución de la población objeto de investigación.

En el marco estadístico se define el área mínima a ser muestreada de tal forma que garantiza la representatividad de aquellos objetos lo más homogéneos posibles entre si y la mayor diferencia respecto a e los objetos existentes en otra unidad de muestreo. El marco estadístico para la investigación propuesta (inventariar los bosques de Colombia) incluye superficies inferiores a 50 ha., con el fin de garantizar la medición de bosques de tamaño pequeños, que generalmente corresponde a fragmentos de bosques cercanos a dicho tamaño. La estratificación de los bosques naturales se hace a partir de 10 ha, sin embargo de acuerdo al diseño de esta estratificación quedan incluidas áreas inferiores a este umbral.

7.6.3. Precisión y exactitud

Los datos levantados en campo corresponden a los valores de la muestra, los cuales se extrapolan a la población. La diferencia entre un resultado muestral y el resultado de un cómputo completo correspondiente a todas las unidades de la población, realizado en las mismas condiciones, arroja la precisión o la fiabilidad del resultado muestral. La diferencia entre el resultado muestral y el valor verdadero se denomina **exactitud** de la investigación por muestreo.

La precisión y confiabilidad deseada para la estimación se corresponden con el error máximo permisible y con el nivel de confianza que se fijan para el cálculo de los tamaños de muestra. Si bien, el error máximo permisible será inferior a 15%, esto no implica que los errores relativos de muestreo en cualquier caso sean inferiores a este valor. Los errores de muestreo dependerán de la distribución de las variables investigadas y la frecuencia de los fenómenos medidos. En este sentido, es bastante

probable que fenómenos con frecuencias menores a 10% presenten errores de muestreo bastante altos.

Una vez clarificados los aspectos relevantes en la definición de los diferentes escenarios de muestreo, podemos pasar a presentar la propuesta de tamaño de la muestra una vez fijado el error de muestreo y el nivel de confianza presentado en el Cuadro 14.

7.7. Propuesta de tamaño de la muestra

A continuación se presenta una propuesta de tamaño de muestra de acuerdo a lo indicado anteriormente; con un error de muestreo a nivel de la jurisdicción de las CAR – CDS variando de 1 al 10% y un nivel de confianza del 95%. Así mismo se selecciona una propuesta de tamaño de muestra de compromiso de acuerdo a la simulación presentada. Esta simulación de tamaño de muestra se define a partir de una variable de diseño (se busca la variable más variable) que en este caso se toma el diámetro de los arboles, para este ejercicio se cuenta con las varianzas de diámetro de bosque natural de diferentes investigaciones estadísticas de bosques naturales del país. La tabla de varianzas se presenta en anexos. En principio se recomienda que los errores de muestreo estén entre 1 y 10% y el tamaño de la muestra seleccionado lo deseable es que aumente, sin embargo, esta primera aproximación de tamaño hay que analizarlo en función de costos, desagregación geográfica y otras variables de diseño. En los cuadros 15 a 18 se presenta el resultado de los escenarios propuestos para la definición de los tamaños muestrales por corporación, de acuerdo a lo propuesto en la Figura 26.

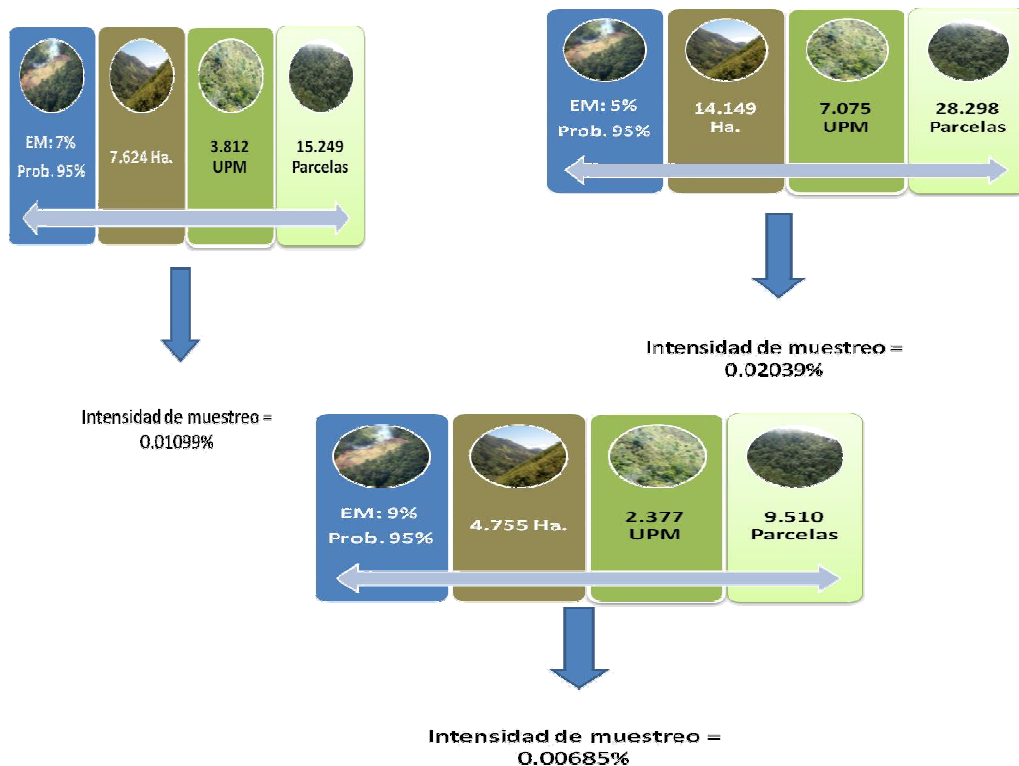


Figura 26. Resumen de los tres escenarios de tamaños preliminares de la muestra propuestos

Cuadro 15. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 5%. Tamaños de muestra expresada en hectáreas

No.	CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES, DESARROLLO SOSTENIBLES Y SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE	SUPERFICIE (Ha.)		TAMANO DE LA MUESTRA PARA UN ERROR DE MUESTREO DEL 5% Y PROBABILIDAD DEL 95%			
		TOTAL	UNIVERSO DE ESTUDIO (ECOSISTEMAS BOSCOSOS)	AREA (Ha.)	NUMERO DE UPM	NUMERO DE PARCELAS	INTENSIDAD DE MUESTREO (%)
1	CAM	1,923,982	915,333	449	224	898	0.04904
2	CAR	1,874,425	238,822	420	210	839	0.17575
3	CARDER	359,883	135,076	393	197	786	0.29109
4	CARDIQUE	715,239	154,251	400	200	801	0.25960
5	CARSUCRE	505,734	85,613	363	181	725	0.42365
6	CAS	2,590,665	1,146,565	451	226	902	0.03935
7	CDMB	456,792	162,017	403	201	806	0.24871
8	CORANTIOQUIA	3,605,982	2,058,137	455	227	910	0.02210
9	CORNARE	814,260	430,334	437	218	874	0.10151
10	CORPAMAG	2,307,641	688,656	445	223	891	0.06466
11	CORPOBOYACA	1,616,694	283,137	426	213	851	0.15031
12	CORPOCALDAS	744,364	175,807	407	203	814	0.23146
13	CORPOCESAR	2,261,397	760,352	447	223	893	0.05874
14	CORPOCHIVOR	304,192	87,485	364	182	729	0.41647
15	CORPOGUAJIRA	2,050,599	300,438	427	214	855	0.14227
16	CORPOGUAVIO	362,421	142,268	396	198	792	0.27843
17	CORPONARIÑO	3,083,230	2,077,517	455	227	910	0.02190
18	CORPONOR	2,199,465	1,181,455	451	226	903	0.03821
19	CORPORINOQUIA	17,385,890	6,401,641	459	229	917	0.00716
20	CORTOLIMA	2,406,061	549,116	442	221	883	0.08043
21	CRA	332,410	23,879	234	117	469	0.98144
22	CRC	2,988,347	1,744,638	454	227	908	0.02603
23	CRQ	194,781	56,877	328	164	655	0.57604
24	CSB	1,952,729	1,043,423	450	225	900	0.04315
25	CVC	2,127,730	1,003,877	450	225	900	0.04481
26	CVS	2,506,062	777,297	447	223	894	0.05750
26	SUBTOTAL	57,670,975	22,624,012	10,853	5,426	21,706	0.04797
CORPORACIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE							
27	CORPOAMAZONIA	22,603,972	20,340,864	460	230	919	0.00226
28	CDA	18,055,719	17,103,318	460	230	919	0.00269
29	CORMACARENA	8,548,226	4,098,938	458	229	915	0.01116
30	CODECHOCO	4,732,073	3,974,922	457	229	915	0.01151
31	CORPOURABA	1,910,452	1,119,768	451	225	902	0.04027
32	CORPOMOJANA	562,552	69,563	346	173	692	0.49710
33	CORALINA	5,054	1,702	32	16	63	1.86251
7	SUBTOTAL	56,418,048	46,709,075	2,663	1,331	5,325	0.00570
UNIDADES AMBIENTALES DE LOS GRANDES CENTROS URBANOS							
34	DADIMA	2,371	1,371	26	13	52	1.88752
35	DAGMA	18,628	14,622	179	89	358	1.22286
36	Secretaría Distrital de Ambiente	25,584	11,558	154	77	308	1.33127
37	AMVA	39,193	34,174	275	138	550	0.80474
4	SUBTOTAL	85,777	61,725	634	317	1,267	1.02644
37	TOTALES	114,174,800	69,394,812	14,149	7,075	28,298	0.02039
	% DEL TOTAL		60.78				

Cuadro 16. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 7%. Tamaños de muestra expresada en Ha.

No.	CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES, DESARROLLO SOSTENIBLES Y SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE	SUPERFICIE (Ha.)		TAMANO DE LA MUESTRA PARA UN ERROR DE MUESTREO DEL 7% Y PROBABILIDAD DEL 95%			
		TOTAL	UNIVERSO DE ESTUDIO (ECOSISTEMAS BOSCOSOS)	AREA (Ha.)	NUMERO DE UPM	NUMERO DE PARCELAS	INTENSIDAD DE MUESTREO (%)
1	CAM	1,923,982	915,333	232	116	464	0.02533
2	CAR	1,874,425	238,822	224	112	448	0.09370
3	CARDER	359,883	135,076	216	108	432	0.15992
4	CARDIQUE	715,239	154,251	218	109	436	0.14144
5	CARSUCRE	505,734	85,613	206	103	413	0.24117
6	CAS	2,590,665	1,146,565	232	116	465	0.02027
7	CDMB	456,792	162,017	219	109	438	0.13512
8	CORANTIOQUIA	3,605,982	2,058,137	233	117	467	0.01134
9	CORNARE	814,260	430,334	229	114	457	0.05311
10	CORPAMAG	2,307,641	688,656	231	115	462	0.03352
11	CORPOBOYACA	1,616,694	283,137	225	113	451	0.07962
12	CORPOCALDAS	744,364	175,807	220	110	440	0.12519
13	CORPOCESAR	2,261,397	760,352	231	116	462	0.03041
14	CORPOCHIVOR	304,192	87,485	207	104	414	0.23662
15	CORPOGUAJIRA	2,050,599	300,438	226	113	452	0.07521
16	CORPOGUAVIO	362,421	142,268	217	108	434	0.15245
17	CORPONARIÑO	3,083,230	2,077,517	233	117	467	0.01124
18	CORPONOR	2,199,465	1,181,455	232	116	465	0.01968
19	CORPORINOQUIA	17,385,890	6,401,641	234	117	469	0.00366
20	CORTOLIMA	2,406,061	549,116	230	115	460	0.04186
21	CRA	332,410	23,879	157	79	315	0.65917
22	CRC	2,988,347	1,744,638	233	117	466	0.01337
23	CRQ	194,781	56,877	195	97	389	0.34217
24	CSB	1,952,729	1,043,423	232	116	464	0.02225
25	CVC	2,127,730	1,003,877	232	116	464	0.02312
26	CVS	2,506,062	777,297	231	116	463	0.02976
26	SUBTOTAL	57,670,975	22,624,012	5,778	2,889	11,556	0.02554
	CORPORACIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE						
27	CORPOAMAZONIA	22,603,972	20,340,864	235	117	469	0.00115
28	CDA	18,055,719	17,103,318	235	117	469	0.00137
29	CORMACARENA	8,548,226	4,098,938	234	117	468	0.00571
30	CODECHOCO	4,732,073	3,974,922	234	117	468	0.00589
31	CORPOURABA	1,910,452	1,119,768	232	116	465	0.02075
32	CORPOMOJANA	562,552	69,563	201	100	402	0.28878
33	CORALINA	5,054	1,702	30	15	59	1.74698
7	SUBTOTAL	56,418,048	46,709,075	1,400	700	2,801	0.00300
	UNIDADES AMBIENTALES DE LOS GRANDES CENTROS URBANOS						
34	DADIMA	2,371	1,371	25	12	49	1.79083
35	DAGMA	18,628	14,622	130	65	260	0.89063
36	Secretaría Distrital de Ambiente	25,584	11,558	116	58	233	1.00778
37	AMVA	39,193	34,174	175	87	350	0.51136
4	SUBTOTAL	85,777	61,725	446	223	892	0.72259
37	TOTALES	114,174,800	69,394,812	7,624	3,812	15,249	0.01099
	% DEL TOTAL		60.78				

Cuadro 17. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 9%. Tamaños de muestra en Ha.

No.	CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES, DESARROLLO SOSTENIBLES Y SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE	SUPERFICIE (Ha.)		TAMANO DE LA MUESTRA PARA UN ERROR DE MUESTREO DEL 9% Y PROBABILIDAD DEL 95%			
		TOTAL	UNIVERSO DE ESTUDIO (ECOSISTEMAS BOSCOSOS)	AREA (Ha.)	NUMERO DE UPM	NUMERO DE PARCELAS	INTENSIDAD DE MUESTREO (%)
1	CAM	1,923,982	915,333	141	70	282	0.01540
2	CAR	1,874,425	238,822	138	69	276	0.05775
3	CARDER	359,883	135,076	135	67	270	0.09990
4	CARDIQUE	715,239	154,251	136	68	272	0.08802
5	CARSUCRE	505,734	85,613	131	66	262	0.15319
6	CAS	2,590,665	1,146,565	141	71	282	0.01231
7	CDMB	456,792	162,017	136	68	272	0.08398
8	CORANTIOQUIA	3,605,982	2,058,137	142	71	283	0.00688
9	CORNARE	814,260	430,334	140	70	279	0.03247
10	CORPAMAG	2,307,641	688,656	141	70	281	0.02041
11	CORPOBOYACA	1,616,694	283,137	139	69	277	0.04894
12	CORPOCALDAS	744,364	175,807	137	68	273	0.07765
13	CORPOCESAR	2,261,397	760,352	141	70	281	0.01851
14	CORPOCHIVOR	304,192	87,485	131	66	263	0.15016
15	CORPOGUAJIRA	2,050,599	300,438	139	69	277	0.04618
16	CORPOGUAVIO	362,421	142,268	135	68	271	0.09509
17	CORPONARIÑO	3,083,230	2,077,517	142	71	283	0.00681
18	CORPONOR	2,199,465	1,181,455	141	71	282	0.01195
19	CORPORINOQUIA	17,385,890	6,401,641	142	71	284	0.00222
20	CORTOLIMA	2,406,061	549,116	140	70	280	0.02553
21	CRA	332,410	23,879	109	55	219	0.45845
22	CRC	2,988,347	1,744,638	141	71	283	0.00811
23	CRQ	194,781	56,877	126	63	253	0.22200
24	CSB	1,952,729	1,043,423	141	71	282	0.01352
25	CVC	2,127,730	1,003,877	141	71	282	0.01405
26	CVS	2,506,062	777,297	141	70	281	0.01811
26	SUBTOTAL	57,670,975	22,624,012	3,566	1,783	7,132	0.01576
	CORPORACIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE						
27	CORPOAMAZONIA	22,603,972	20,340,864	142	71	284	0.00070
28	CDA	18,055,719	17,103,318	142	71	284	0.00083
29	CORMACARENA	8,548,226	4,098,938	142	71	284	0.00346
30	CODECHOCO	4,732,073	3,974,922	142	71	284	0.00357
31	CORPOURABA	1,910,452	1,119,768	141	71	282	0.01260
32	CORPOMOJANA	562,552	69,563	129	64	258	0.18526
33	CORALINA	5,054	1,702	27	14	55	1.61353
7	SUBTOTAL	56,418,048	46,709,075	865	432	1,730	0.00185
	UNIDADES AMBIENTALES DE LOS GRANDES CENTROS URBANOS						
34	DADIMA	2,371	1,371	23	11	46	1.67633
35	DAGMA	18,628	14,622	96	48	191	0.65380
36	Secretaría Distrital de Ambiente	25,584	11,558	88	44	176	0.76117
37	AMVA	39,193	34,174	118	59	235	0.34410
4	SUBTOTAL	85,777	61,725	324	162	648	0.52516
37	TOTALES	114,174,800	69,394,812	4,755	2,377	9,510	0.00685
	% DEL TOTAL		60.78				

Cuadro 18. Colombia, 2009. Propuesta de tamaños de muestra nacional y según jurisdicción de las CAR – CDS y error de muestreo del 7%. Tamaños de muestra en Ha.

No.	CORPORACIONES AUTONOMAS REGIONALES, DESARROLLO SOSTENIBLES Y SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE	SUPERFICIE (Ha.)		TAMANO DE LA MUESTRA PARA UN ERROR DE MUESTREO DEL 7% Y PROBABILIDAD DEL 95%			
		TOTAL	UNIVERSO DE ESTUDIO (ECOSISTEMAS BOSCOSOS)	AREA (Ha.)	NUMERO DE UPM	NUMERO DE PARCELAS	INTENSIDAD DE MUESTREO (%)
1	CAM	1,923,982	915,333	78	39	157	0.00855
2	CAR	1,874,425	238,822	20	10	41	0.00855
3	CARDER	359,883	135,076	12	6	23	0.00855
4	CARDIQUE	715,239	154,251	13	7	26	0.00855
5	CARSUCRE	505,734	85,613	7	4	15	0.00855
6	CAS	2,590,665	1,146,565	98	49	196	0.00855
7	CDMB	456,792	162,017	14	7	28	0.00855
8	CORANTIOQUIA	3,605,982	2,058,137	171	86	342	0.00832
9	CORNARE	814,260	430,334	37	18	74	0.00855
10	CORPAMAG	2,307,641	688,656	59	29	118	0.00855
11	CORPOBOYACA	1,616,694	283,137	24	12	48	0.00855
12	CORPOCALDAS	744,364	175,807	15	8	30	0.00855
13	CORPOCESAR	2,261,397	760,352	65	32	130	0.00853
14	CORPOCHIVOR	304,192	87,485	7	4	15	0.00855
15	CORPOGUAJIRA	2,050,599	300,438	26	13	51	0.00855
16	CORPOGUAVIO	362,421	142,268	12	6	24	0.00855
17	CORPONARIÑO	3,083,230	2,077,517	173	86	346	0.00832
18	CORPONOR	2,199,465	1,181,455	101	51	202	0.00855
19	CORPORINOQUIA	17,385,890	6,401,641	543	271	1,085	0.00848
20	CORTOLIMA	2,406,061	549,116	47	23	94	0.00855
21	CRA	332,410	23,879	4	2	8	0.01675
22	CRC	2,988,347	1,744,638	149	75	298	0.00855
23	CRQ	194,781	56,877	5	2	10	0.00855
24	CSB	1,952,729	1,043,423	89	45	178	0.00855
25	CVC	2,127,730	1,003,877	86	43	172	0.00855
26	CVS	2,506,062	777,297	66	33	133	0.00855
26	SUBTOTAL	57,670,975	22,624,012	1,922	961	3,844	0.00849
CORPORACIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE							
27	CORPOAMAZONIA	22,603,972	20,340,864	1,735	867	3,470	0.00853
28	CDA	18,055,719	17,103,318	1,458	729	2,915	0.00852
29	CORMACARENA	8,548,226	4,098,938	346	173	691	0.00843
30	CODECHOCO	4,732,073	3,974,922	335	167	670	0.00842
31	CORPOURABA	1,910,452	1,119,768	96	48	191	0.00855
32	CORPOMOJANA	562,552	69,563	6	3	12	0.00855
33	CORALINA	5,054	1,702	4	2	8	0.23502
7	SUBTOTAL	56,418,048	46,709,075	3,979	1,989	7,958	0.00852
UNIDADES AMBIENTALES DE LOS GRANDES CENTROS URBANOS							
34	DADIMA	2,371	1,371	4	2	8	0.29172
35	DAGMA	18,628	14,622	4	2	8	0.02736
36	Secretaría Distrital de Ambiente	25,584	11,558	4	2	8	0.03461
37	AMVA	39,193	34,174	4	2	8	0.01170
4	SUBTOTAL	85,777	61,725	16	8	32	0.02592
37	TOTALES	114,174,800	69,394,812	5,917	2,958	11,833	0.00853
	% DEL TOTAL		60.78				

8. DEFINICIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

Un indicador es un conjunto de relaciones entre variables que permiten conocer una situación determinada en forma continua. A través de los indicadores se puede conocer el cambio o el comportamiento de una variable. Los indicadores pueden ser simples (cuando se refieren a dos variables) o complejos (cuando se refieren a una relación de más de dos variables). En definitiva, los indicadores sirven para “observar” y medir los cambios cuantitativos (mayores o menores) y cualitativos (positivos o negativos) que presenta cierta variable, en determinado momento del tiempo o entre periodos de tiempo. Los indicadores son importantes para el uso sostenible y el manejo de los recursos ambientales ya que pueden orientar la formulación de políticas al proporcionar una valiosa información acerca del estado actual de los recursos a evaluar y de la intensidad y la dirección de los posibles cambios, subrayando además, los temas prioritarios.

En el proceso de socialización y concertación de los indicadores a evaluar en el marco del IFN, IDEAM realizó varias mesas de trabajo, de las cuales surgieron muchas propuestas que fueron evaluadas por el equipo técnico diseñador del IFN, quedando como definitivos los indicadores que se presentan en el Cuadro 19 en el cual se sintetiza la definición, la metodología de campo y los datos de salida que se obtienen de cada uno en el marco del IFN. Para un mayor detalle de cada uno de los indicadores, se presentan en los anexos, las hojas metodológicas correspondientes a cada uno de ellos, así como las tablas de salida.

Los indicadores de superficie se presentan con base en la medición del área cubierta por bosques en las unidades de muestreo, es decir, es una aproximación a la determinación de la superficie de bosques mediante un muestreo de tipo estadístico.

Los indicadores de estructura que se estudian en el IFN se agrupan en dos categorías: estructura horizontal, que permite obtener una aproximación de la homogeneidad del ecosistema mediante el análisis de parámetros convencionales (ejemplo densidad y área basal), finalmente, se presentan las distribuciones diamétricas, la cual permite determinar el grado de complejidad del bosques naturales (UNESCO, 1980).

Los indicadores de diversidad son presentados de acuerdo con diferentes escalas espaciales: diversidad alfa o diversidad local, diversidad beta o tasa de recambio florístico y diversidad gamma o diversidad regional. En la primera es muy importante los procesos ecológicos que permiten la coexistencia de las especies o ensamble de especies y en la tercera los procesos históricos presentan una mayor relevancia.

Los indicadores de volumen, biomasa y carbono hacen parte de la estructura del bosque y serán tratados independientemente.

Todos los indicadores publicados para el IFN presentarán el error de muestreo y el nivel de confianza de la estimación estadística, lo cual indicará la calidad de la respectiva estimación y su rango de variación. En las hojas metodológicas que se presentan en los anexos se enumeran los indicadores identificados para el inventario forestal nacional,

se presenta las definiciones, unidades de medida, cobertura, variables, metodologías y formulas de cálculo, datos de salida, interpretación de la información, pertinencia de los indicadores y la importancia de los mismos. Para esto los indicadores fueron agrupados en dos grandes grupos de acuerdo con el esquema de presión-estado-respuesta como se definió antes.

Indicadores de presión: describen las presiones ejercidas sobre los recursos naturales y el medio ambiente por las actividades humanas (uso y degradación), factores naturales y su evolución en el tiempo. En este grupo de indicadores se encuentran: porcentaje del tipo de perturbación del bosque, el porcentaje de especies en listas rojas o amenazadas, el porcentaje o proporción de especies raras y el porcentaje de especies endémicas, numero y proporción de árboles muertos por unidad de área.

Indicadores de estado: describen la cantidad, calidad y disponibilidad de los recursos naturales y del medio ambiente, e incluyen los efectos sobre la salud de la población y sobre los ecosistemas causados por el deterioro de la calidad ambiental. Dan información sobre los aspectos cuantitativos y cualitativos de los recursos naturales en una determinada localidad geográfica. Entre estos indicadores están: indicadores de superficie conformados por porcentaje de superficie en bosques, porcentaje de ecosistemas de bosque –representatividad ecosistémica- y diversidad ecosistémica, los cuales se presentan a nivel nacional, grandes áreas hídricas, corporaciones autónomas y de desarrollo sostenible y pisos altitudinales. Indicadores de diversidad donde se plantean diferentes indicadores a tres escalas espaciales: local o dentro de comunidades -diversidad alfa-, entre comunidades -diversidad beta- y regional -diversidad gamma-. Indicadores estructurales como: estructura diamétrica, índice de valor de importancia, el cual está conformado por una combinación entre la abundancia (densidad de individuos), la dominancia (área basal) y la frecuencia relativas. Estructura vertical: altura promedio de los arboles dominantes y tipos estructurales de bosques. Volumen total y comercial, biomasa aérea, y contenidos de carbono en biomasa, necromasa gruesa y suelos.

Indicadores de respuesta: describen los esfuerzos (de gestión, de procesos y/o de productos) realizados por la sociedad o por las autoridades para eliminar, reducir, mitigar y/o controlar la presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente.

Vale la pena aclarar en este punto que el IFN como tal no ejercerá medidas de control para establecer indicadores de respuesta pero a través de algunos de los indicadores puede mostrar pautas para la definición de políticas por las instituciones encargadas de administrar los recursos naturales relacionados con los bosques.

Cuadro 19. Definición, metodología de cálculo y datos de salida de cada uno de los indicadores utilizados en el IFN

INDICADOR	Metodología de Cálculo	Datos y unidades de salida:
<p>Biomasa Aérea La biomasa es definida como la cantidad de masa seca contenida en la materia viva, la cual sirve como punto de partida para determinar las existencias de carbono.</p>	<p>$B = FE \cdot B * \rho V$ $\ln(B) = a + b \ln(d)$ $\ln(B) = a + b \ln(d^2 h)$ $B = a(\rho d^2 h)^b$</p> <p>B: Biomasa en función de: V: volumen de fuste (m³) ρ : Densidad específica de la madera (gr/cm³) FE: Factor de expansión de biomasa (Brown 1997, Anzola y Rodríguez 2001). d: Diámetro normal medido a 1,3 de altura. h: Altura total o de fuste a y b: Constantes o parámetros de regresión. ln: logaritmo neperiano.</p>	<p>- Biomasa total y por sp. del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente CAR/CDS - Biomasa total y por sp. del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente Gran Área Hidrica - Biomasa total y por especie del ecosistema de bosque <i>i</i> en el país</p>
<p>Carbono Es la cantidad de carbono orgánico contenido en la biomasa.</p>	<p>$C(tn) = 0,5 B$ C: contenido de carbono (tn) B: Biomasa (tn)</p>	<p>- Carbono total y por sp. del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente CAR/CDS - Carbono total y por sp. del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente Gran Área Hidrica - Carbono total y por especie del ecosistema de bosque <i>i</i> en el país</p>
<p>Diversidad Alfa :Riqueza de especies La riqueza de especies es definida como el número de especies (S) en una muestra. Si se presenta por unidad de área se refiere a la densidad de taxones (S/área)</p>	<p>Se cuantifica el número de especies y morfo-especies (S) por cada unidad de muestreo</p> <p>$S = \sum s_i$ s_i es la especie <i>i</i></p>	<p>- Número de especies y de taxones del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente CAR/CDS</p>
<p>Diversidad Alfa: Índice de Diversidad Shannon-Weaver Índice de diversidad que combina la riqueza y la abundancia proporcional de cada una de las especies de un ecosistema.</p>	<p>Se cuantifica la proporción de individuos de cada una de las especies respecto al número total de individuos.</p> $H' = \frac{-\sum P_i \ln P_i}{-\ln(S)}$ <p>$P_i = n_i / N$ es la proporción de individuos (n_i) de la especie <i>i</i> respecto al total de individuos (N) y $\ln(S)$ es la máxima diversidad para S categorías (especies).</p>	<p>- Índice de Diversidad Shannon-Weaver del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente CAR/CDS</p>
<p>Diversidad Alfa: Índice de Diversidad de Simpson Índice de diversidad que combina la riqueza y la abundancia proporcional de cada una de las especies de un ecosistema.</p>	<p>Se cuantifica la proporción de individuos de cada una de las especies respecto al número total de individuos y se realiza la sumatoria del cuadrado de dichas proporciones.</p> $\lambda = \sum P_i^2 = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$ <p>$P_i = n_i / N$ es la proporción de individuos (n_i) de la especie <i>i</i> respecto al total de individuos N.</p>	<p>- Índice de Diversidad de Simpson del ecosistema de bosque <i>i</i> en la correspondiente CAR/CDS</p>

INDICADOR	Metodología de Calculo	Datos y unidades de salida:
<p>Diversidad Beta: Índice de similitud de Jaccard</p> <p>El índice de Jaccard representa la tasa de similitud florística entre dos muestras o comunidades.</p>	<p>Se realiza el conteo de las especies de cada muestra y el conteo de las especies compartidas.</p> $J_{AB} = \frac{c}{a + b + c}$ <p>a: Número de especies exclusivas del sitio A b: Número de especies exclusivas del sitio B c: Número de especies presentes en ambos sitios</p>	<p>- Índice de de similitud de Jaccard del ecosistema de bosque <i>i</i> con respecto al ecosistema de bosque <i>j</i> en la correspondiente CAR/CDS</p> <p>- Índice de de similitud de Jaccard del ecosistema de bosque <i>i</i> de una CAR/CDS con respecto al ecosistema de bosque <i>i</i> de las otras CAR/CDS</p>
<p>Diversidad Beta: Índice de similitud de Sørensen</p> <p>El índice de Sørensen representa la tasa de similitud florística entre dos muestras o comunidades. Este índice da doble peso a las especies compartidas ya que se puede considerar que la presencia de una especie brinda más información que su ausencia (Legendre & Legendre 1998).</p>	$S_{AB} = \frac{2c}{2c + a + b}$ <p>Variables: a: Número de especies exclusivas del sitio A b: Número de especies exclusivas del sitio B c: Número de especies presentes en ambos sitios</p>	<p>- Índice de de similitud de Sørensen del ecosistema de bosque <i>i</i> con respecto al ecosistema de bosque <i>j</i> en la correspondiente CAR/CDS</p> <p>- Índice de de similitud de Sørensen del ecosistema de bosque <i>i</i> de una CAR/CDS con respecto al ecosistema de bosque <i>i</i> de las otras CAR/CDS</p>
<p>Diversidad gamma: Riqueza regional de especies</p> <p>Hace referencia a la riqueza de especies de un grupo de hábitats a una escala regional o de paisaje. La forma más simple es hacer el conteo del total del número de especies en un área geográfica amplia (por ej: un ecosistema, CAR, cuenca o piso altitudinal).</p>	$S_{\gamma} = \sum s_i$ <p>Variables: S_γ: Número de especies en el nivel de desagregación geográfica (Ecosistema, CAR, cuencas)</p>	<p>- Número de especies en la correspondiente CAR/CDS</p> <p>- Número de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica</p> <p>- Número de especies en el país</p>
<p>Abundancia relativa de especies</p> <p>La abundancia de una especie se define como el número de individuos presente en un área específica; es por tanto una medida de densidad. La abundancia relativa de una especie corresponde al porcentaje de individuos respecto al total de individuos e indica el porcentaje de contribución de cada especie dentro de la comunidad.</p>	$Ar_i (\%) = \frac{A_i}{N} * 100 \dots (1) \quad A_i = n_i \dots (2)$ <p>Ar_i: Abundancia relativa de la especie <i>i</i>. A_i = n_i: Número de individuos la especie <i>i</i> por nivel de desagregación geográfica (CAR, Gran Área Hídrica, país, pisos altitudinales). N: Número total de individuos en cada nivel de estimación. n_i: Número de individuos la especie <i>i</i> por nivel de desagregación geográfica (CAR, cuenca, país, pisos altitudinales).</p>	<p>- Abundancia relativa de especies en cada ecosistemas de las correspondiente CAR/CDS</p> <p>- Abundancia relativa de especies en la correspondiente CAR/CDS</p> <p>- Abundancia relativa de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica</p> <p>- Abundancia relativa de especies en el país</p>

INDICADOR	Metodología de Cálculo	Datos y unidades de salida:
<p>Dominancia relativa de especies La dominancia relativa corresponde al estado de ocupación o cobertura relativo de cada una de las especies. El estado de ocupación es medido a través de las áreas basales, medidas a 1.3 m de altura, de cada individuo.</p>	<p>$Dr_i(\%) = \frac{S_i}{G} * 100$ $Dr_i(\%)$: Dominancia relativa de la especie i. $g_i(m^2) = (\pi/40000) * \sum d_i^2$ Área basal de la especie i por nivel de desagregación geográfica (CAR, cuenca, país, pisos altitudinales); π es el número $\pi \approx 3.1416$. d_i: Diámetro normal de cada individuo de la especie i. $G = \sum g_i$: Área basal total por nivel de desagregación geográfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dominancia relativa de especies en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Dominancia relativa de especies en la correspondiente CAR/CDS - Dominancia relativa de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica - Dominancia relativa de especies en el país
<p>Frecuencia relativa de especies La frecuencia corresponde al número relativo de muestras, parcelas o subparcelas, en las que aparece una especie. Es entonces un indicativo de que tan común o rara es una especie en una determinada área. La frecuencia relativa de cada especie expresa su porcentaje de aparición sobre el total de muestras bajo estudio.</p>	<p>$Fr_i(\%) = \frac{f_i}{F} * 100$ Fr_i: Frecuencia relativa de la especie i. f_i: Número de subparcelas (cuadrantes en la USM para fustales o UTM para latizales) donde está presente la especie i. F: Número total de subparcelas (cuadrantes en la USM para fustales o UTM para latizales).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Frecuencia relativa de especies en cada ecosistemas de las correspondiente CAR/CDS - Frecuencia relativa de especies en la correspondiente CAR/CDS - Frecuencia relativa de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica - Frecuencia relativa de especies en el país
<p>Índice de Valor de Importancia –IVI- Se refiere la importancia ecológica de cada especie, considerando su ocurrencia (frecuencia), el número de individuos (abundancia) y la importancia ecológica dentro del sistema a través del grado de ocupación (dominancia) de cada una de las especies, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada especie.</p>	<p>$IVI_i = Fr_i + Ar_i + Dr_i$ IVI_i: Índice de valor de importancia de la especie i. Fr_i: Frecuencia relativa (%) de la especie i. Ar_i: Abundancia relativa (%) de la especie i. Dr_i: Dominancia relativa (%) de la especie i.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de Valor de Importancia de especies en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Índice de Valor de Importancia de especies en la correspondiente CAR/CDS - Índice de Valor de Importancia de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica - Índice de Valor de Importancia de especies en el país
<p>Índice de Valor de Importancia Ampliado –IVI-A- de especies Este índice es similar al IVI y se denomina ampliado ya que se incluye un término más que tiene que ver con la abundancia relativa de la regeneración natural de cada especie, la cual es considerada aquí como la abundancia de las categorías latizales y brinzales.</p>	<p>$IVI_A = Fr_i + Ar_i + Dr_i + Ar_iRN$ IVI_A: Índice de valor de importancia ampliado de la especie i. Fr_i: Frecuencia relativa (%) de la especie i. Ar_i: Abundancia relativa (%) de la especie i. Dr_i: Dominancia relativa (%) de la especie i. Ar_iRN: Abundancia relativa (%) de la regeneración natural de la especie i.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - IVI Ampliado de especies en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - IVI Ampliado de especies en la correspondiente CAR/CDS - Índice de Valor de Importancia Ampliado de especies en la correspondiente Gran Área Hídrica - IVI Ampliado de especies en el país

INDICADOR	Metodología de Calculo	Datos y unidades de salida:
<p>Diámetro promedio cuadrático es el diámetro del árbol cuya área basal corresponde al área basal promedio del bosque.</p>	<p>$Dq (cm) = \sqrt{\frac{40000 * AB}{\sum * dens}}$ Dq: "Diámetro promedio cuadrático" o "árbol de área basal promedio" AB: Área Basal del bosque en m²/ha. dens: densidad en individuos/hectárea ∑: Valor constante Pi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diámetro promedio cuadrático en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Diámetro promedio cuadrático en cada ecosistema de las correspondiente Gran Área Hídrica - Diámetro promedio cuadrático en cada ecosistema del nivel país.
<p>Altura de los árboles dominantes - Percentil 90- La estructura vertical hace referencia a la disposición y distribución de las alturas de los árboles en un bosque. El valor corresponde a la posición donde se encuentra el valor de altura mínima del 10% de los arboles</p>	<p>$h_{90} = \frac{nq}{100}$ h₉₀: Percentil 90 para las alturas. n: tamaño de la población (número de individuos). q: Percentil (90).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Percentil 90 para las alturas en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Percentil 90 para las alturas en la correspondiente CAR/CDS - Percentil 90 para las alturas en la correspondiente Gran Área Hídrica - Percentil 90 para las alturas en el país
<p>Carbono en el suelo El contenido de carbono orgánico en el suelo es el producto de acumulación de la materia orgánica proveniente de la biomasa aérea y subterránea.</p>	<p>COS (t/ha) = A * p * fc * pm COS: Carbono orgánico del Suelo A: Área (ha) p(t/m³): Densidad aparente del suelo fc (c%/100): Fracción de carbono en el suelo pm (m): Profundidad de muestreo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Carbono orgánico del Suelo en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Carbono orgánico del Suelo en la correspondiente CAR/CDS - Carbono orgánico del Suelo en la correspondiente Gran Área Hídrica - Carbono orgánico del Suelo en el país
<p>Porcentaje de especies amenazadas. Es la proporción de especies que se encuentran en alguna de las categorías de amenaza definidas por la UICN y los listados del CITES.</p>	<p>$EA(\%) = \frac{EA_{spp}}{Total_{spp}}$ EA(%): Porcentaje de especies amenazadas EA_{spp} : Número de especies incluidas en alguna de las listas Total_{spp}: Es el número total de especies por nivel de estimación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de especies amenazadas en cada ecosistema de las correspondiente CAR/CDS - Porcentaje de especies amenazadas en la correspondiente CAR/CDS - Porcentaje de especies amenazadas en la correspondiente Gran Área Hídrica - Porcentaje de especies amenazadas en el país

9. EQUIPOS Y MATERIALES DE MEDICIÓN

Se deben precisar los equipos que se utilizan para la medición de las variables definidas en la investigación, la decisión de un determinado equipo dependerá de la exactitud, costos, maniobrabilidad y transporte:

DAP: cinta diamétrica con repuesto y forcípulas (manuales y electrónicas) y el Criterión (utilizado para medir diámetros a lo largo del fuste y la medición de alturas).

Alturas: hipsómetro digital, como el Criterión y varas extensibles, etc.

Medición de distancias: Distanciómetro digital (Craftsman) y cinta métrica (50 m.)

Ubicación y medición de áreas: material geográfico, GPS, DMC, Brújula Warren - Knight con precisión a un grado (NOTA: Se requiere esta precisión debido a que se medirá el azimut de cada árbol con respecto al norte de la subparcela) y clinómetros con funda de protección, luxómetros,

Medición de la corteza del árbol: densímetros, taladro de pressler, funda de protección y 1 Bayoneta de repuesto para taladro Pressler.

Cámara fotográfica, binoculares.

Marcadores indelebles, bisturís, pintura de aceite, cinta plástica, vara de 1,30 m., calibrador, martillo, cuerda o soga sintética, prensa para muestras botánicas, papel periódico, bolsas plásticas, tijeras podadoras, desjarretadera.

1. Mochila de campo

1 Chaleco para trabajo de campo (por brigadista)

1 Casco plastificado

1 Gafas de protección

1 par de guantes

Cuerdas compensadas (15 y 50 metros)

1 Pala jardinera

1 Navaja

Pintura aerosol color rosa mexicano

1 DMC para la colecta de datos para captura de datos en campo

Pilas de repuesto para cámara digital y GPS

1 Tijera manual de poda (jardinera, para ramas pequeñas)

1 Regla metálica (30 cm). 1 Lupa 15x. Tablas de apoyo. 1 Lona (1 m²). 15 Banderillas (para señalamiento) y/o cintas plásticas (colores llamativos)

Prensa botánica

Papel secante

Cartón corrugado

Sobres de papel bond tamaño carta

1 Barrena 100cm de longitud (profundidad del suelo)

4 tubos de plástico de 1m y $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro, con 4 codos; para formar el área de muestreo de 1m²

10. INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

Estableciendo como enfoque metodológico el ciclo de vida para el desarrollo de un Sistema de información, y considerando fundamental para el IFN, la reducción de costos, optimización procesos, eliminación de cuellos de botella, adecuada estructura de calidad y una indiscutible oportunidad de la información, se identifican cinco grandes procesos donde se combina la parte automática y manual como forma de generar un sistema de calidad y control que interviene durante todo el ciclo.

Los procesos son:

- Captura de Datos
- Consolidación y crítica, validación de los datos
- Procesamiento de información
- Consistencia de la información
- Generación de Resultados
- Difusión de la información

En la captura de los datos existen dos alternativas; formato de registro en papel y digital, ambas alternativas en el caso del IFN se recomiendan utilizar, dadas la situación de orden público y de seguridad que tiene el país.

Alternativa tecnológica y científica: desarrollar un sistema online, que permita la captura de los datos en forma centralizada, utilizando una base de datos única y estableciendo transmisión, monitoreo y control en tiempo real.

11. CAPTURA DE DATOS

Bajo un esquema de captura digital, este proceso inicia desde el momento en que los datos ingresan a las PDA en las diferentes áreas de enumeración -AE y áreas de supervisión - AS hasta el momento en que los datos son enviados al nivel central (regional y nacional) vía inalámbrica para su validación y consolidación.

La captura consiste en trasladar totalmente y depuradamente la información de los formatos de registro, a un medio reconocible por el computador. Es una de las operaciones más costosas y consumidoras de tiempo, para las cuales el avance tecnológico provee varias alternativas. Existe en el mercado diferentes tipos de software para desarrollar estas tareas, en el IDEAM se tiene software especializado, que posee algunos parámetros de depuración.

La velocidad de entrada de datos en casos ideales se considera de 8.000 pulsaciones/hora, pero puede ser muy inferior si no se ha diseñado el cuestionario para la rápida entrada de datos. En particular, una preparación interactiva puede reducir la velocidad de la entrada de datos. Se recomienda que la entrada de datos se verifique al 100 por ciento en las investigaciones estadísticas basados en pequeñas muestras como en el caso del IFN. Generalmente la verificación de la entrada de datos debe hacerla una persona distinta al encargado de la entrada de datos, en este caso del supervisor.

En el caso del IFN el jefe de brigada es el que en primera instancia realiza el control y la verificación completa al comienzo de la entrada de datos, no solo para identificar errores sino para identificar también el personal de bajo rendimiento. La verificación subsiguiente por muestreo puede ser suficiente para vigilar el rendimiento y es realizada por un equipo paralelo al del operativo de campo.

Generalmente el software de captura siguen los siguientes pasos:

A1. Entrada de datos inteligente, esto significa que el módulo de entrada de datos detecta y corrige los errores que se presentan.

A2. Entrada de datos asistida por tablas externas, que permite la consistencia de datos y la verificación en el instante de la digitación.

A3. Control de calidad a la entrada de datos.

Para el inicio y puesta en marcha, seguimiento y control del proceso de captura digital se tiene:

- **Agenda de envío de datos.** Corresponde a los días y horarios en los cuales se recibirán o enviarán los datos para su posterior consolidación; es de considerar que la forma de envío utilizados y los mecanismos y medios que se utilizarán deben contemplar el manejo de alguna contingencia o situación eventual.
- **Organización y distribución del material.** A través de la utilización de las Pocket PC se permite el plan de trabajo por cada jefe de brigada - digitador que tendrá asociado el cubrimiento de una ruta respectiva.
- **Control y Crítica.** Como parte del proceso de capacitación se explicará la forma de revisión, organización, manejo y navegabilidad en el sistema, El sistema contempla un esquema completo de validación, el cual debe ser estudiado con anticipación.
- **Cierre del día.** Proceso en el cual se contemplan todos los procedimientos asociados a la terminación del día. Como debe transmitirse o desde donde debe transmitirse, quién lo debe hacer.
- **Resolución de problemas o inconsistencias en un ambiente real de operación.** Uno de los puntos importantes en el seguimiento del proceso es observar cómo operan las personas en caso de presentarse una inconsistencia o problema durante el proceso, cual es la forma de solución o posibles alternativas de solución, manejando parámetros de seguridad y calidad del dato y evitando retrasos en la captura.

- **Estadística de errores.** A través de un proceso automático se presentan los errores más frecuentes ocurridos durante el proceso de captura en general y cuál es el camino más adecuado para solucionarlos.

Se utiliza un programa para el seguimiento y evaluación de las actividades de control de calidad en la recolección de los datos en campo, flujo de información y las actividades conexas a ella que permitan:

11.1.1. Consolidación y validación de los datos

El proceso de consolidación hace referencia al agrupamiento y organización de los datos utilizando como herramientas el software desarrollado y los criterios definidos por la metodología. Una vez recibidos los datos, se procede a realizar un control de cobertura y de calidad mediante programas implementados para tal fin. La información recibida a nivel central sufre una serie de procesos que permiten agrupar los datos por otros conceptos como son: vereda, municipio, departamento, corporación, especies. Después de tener los datos a estos niveles, los datos se validan nuevamente con el objeto de establecer posibles inconsistencias y corregirlas antes de generar resultados. Esta validación tanto automática como manual de los datos recolectados, garantiza un filtro a los datos y un chequeo de control de calidad.

El área de Sistemas e Informática del IDEAM es el responsable de garantizar el proceso de captura de datos a través de dispositivos móviles para el Inventario Forestal Nacional, y es con el acompañamiento de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental que ha diseñado un sistema de información que sirva de ayuda para optimizar las actividades, mejorar los procedimientos, minimizar el uso de recursos y estructurar los controles necesarios para realizar dicho Inventario, tomando como base la experiencia del IDEAM en otras áreas de los recursos naturales y la experiencia nacional y particularmente la del DANE en la realización del Censo Nacional de Población, Vivienda, Económico y Agropecuario realizado en el 2005. La propuesta para el IFN en la captura de datos en campo es digital mediante el Dispositivo Móvil de Captura – DMC, en donde se integran el software de captura de datos alfanuméricos y software geográficos (ArcPad, Terrasinc, etc.), GPS, los procesos de validación en tiempo real, el sistema de transmisión de datos y la administración del operativo de campo. Esta alternativa siempre irá acompañada por el método convencional, los formatos de registro en papel.

La tecnología de la información, está permitiendo la reestructuración de los flujos de información, en todo sentido, transformando la estructura organizacional para hacerla más ágil y efectiva, porque la información llega a su destino sin intermediarios, eliminando poco a poco los niveles jerárquicos, cuyo papel es servir básicamente de comunicadores²⁸. Esto significa la desaparición paulatina de intermediarios entre las fuentes de información y quienes ejecutan el sistema, o sea, los niveles intermedios, debido a la utilización de medios electrónicos que envían la información debidamente validada al nivel en donde se controla la ejecución.

²⁸ Arango Wiedemann, Víctor Mario, 1992. Hacia una organización basada en la información. EAFIT. Medellín, Colombia.

11.1.2. Procesamiento de la información

Hace referencia al conjunto de procesos que transforman, organizan, verifican y convierten la materia prima, que para el caso son los datos, en información, a partir de la cual se generan resultados que los usuarios pueden consultar e interpretar fácilmente, según sus necesidades. Para llevar a cabo esta labor, se diseña y desarrolla el software requerido según las necesidades planteadas para la publicación de resultados. A continuación se detalla las actividades de esta fase del componente de sistemas.

11.1.3. Consistencia e imputación

Este proceso aborda la consistencia e imputación de los datos, en donde se aplican los procedimientos que sirvan como un último filtro para reemplazar los datos faltantes o corregir los inconsistentes. El esquema de trabajo descentralizado operativamente busca evitar la imputación para que los cambios vengan directamente del campo o la oficina de registro en este caso las CAR - CDS.

Revisar la consistencia es establecer la relación estricta de las diferentes variables agrupadas según niveles de información. Dicha consistencia genera una nueva forma de control de la cual se valen los analistas para determinar la congruencia de los datos. Es allí donde se generan los listados de frecuencias y se detectan inconsistencias que de otra forma es imposible determinar, para cual se hace necesario desarrollar un programa adicional de inconsistencias, que permita ir a la fuente y corregir la información detalladamente. Este proceso es iterativo y requiere de todo el grupo de trabajo.

Evaluada y corregida la inconsistencia de los datos, se puede entonces afirmar que la Base de Datos se encuentra en un alto grado de depuración, y se procede a la generación de resultados, cuyas etapas son la de tabulación de datos, la generación de resultados preliminares y publicación de resultados.

11.1.4. Programación para la generación de resultados

El uso de programas orientados a los procedimientos ha reducido ya la carga para los programadores de crear módulos para tipos genéricos de procesos estadísticos, como promedios, varianzas, regresiones, análisis de varianzas, cuadros de dispersión, errores de muestreo y estimaciones, etc. En el futuro se podrá hablar con la computadora y realizar muchas de esas tareas sencillas. Sin embargo, harán falta aun una sintaxis y un formato apropiados para dar órdenes a la computadora.

Este proceso se realiza a nivel central y requiere que los archivos maestros se encuentren en un alto grado de depuración. Para generar los resultados, se usan programas comerciales como Oracle, Fox Pro (utilizando como herramienta SQL), SAS, SPSS entre otros, que permiten obtener cuadros consolidados previamente diseñados a nivel nacional, cuencas hidrográficas, CAR - CDS y por indicador. Estas salidas se convierten en el recurso primario del análisis de resultados.

11.1.5. Etapa de tabulación de datos

Consiste en la generación de tabulados, cuadros y mapas temáticos definidos previamente por los especialistas y de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Actualmente con los recursos tecnológicos y el uso de programas especializados, la tarea se ha simplificado, ofreciendo además calidad en la presentación.

Generalmente la tabulación se basa en deliberaciones detenidas con los usuarios de los datos e incluye todas las tabulaciones cruzadas necesarias. En particular, debe indicarse las tabulaciones propuestas por las subdivisiones administrativas y temáticas, teniendo en cuenta la necesidad de limitar el número de cuadros en una investigación por muestreo.

La tabulación de resultados hace referencia a la generación de tabulados, cuadros y mapas temáticos definidos previamente en el diseño del IFN. Actualmente con los recursos tecnológicos y el uso de programas, la tarea se ha simplificado, ofreciendo además calidad en la presentación. Los programas estadísticos especializados al procesamiento de investigaciones por muestreo se citan los siguientes: SAS, SPSS y paquetes especializados en muestreos de la vegetación como MONITOR (CONIF, 2000) y otros elaborados por el servicio de estadísticas forestales de USDA, entre otros como el FIAMODEL (sistema de información geográfica que resume y analiza los datos de un inventario forestal).

La etapa de resultados preliminares realiza la revisión de los resultados es decir los indicadores, dados los parámetros técnicos y la relación de variables, formalizando así si los resultados finales corresponden a la realidad del diseño y la temática. Por último si se tiene un visto bueno sobre la calidad de la información para ser publicada y estará a disposición del usuario jurisdiccional (CAR – CDS), Unidad hídrica (cuenca hidrográfica) y nacional o instituciones del nivel regional y nacional.

11.1.6. Etapa de resultados preliminares

Incluye las actividades de la hoja resumen del encargado del registro y su procesamiento para obtener resultados preliminares. Consiste en dejar los datos listos para su tabulación, de acuerdo a los pasos siguientes:

- a. Proceso de consolidación y su secuencia
- b. Proceso de cobertura;
- c. Proceso de llenado de ceros
- d. Proceso de conversión de las unidades de área, peso y volumen a una sola unidad de medida
- e. Proceso de cálculos de área de la sección diamétrica, volumen, biomasa y carbono por árbol, parcela, unidad primaria de muestreo
- f. Asignación de la ubicación administrativa, jurisdiccional, área geográfica natural y nomenclatura internacional
- g. Asignación de zonas y municipio
- h. Consistencias y asignación

11.1.7. Almacenamiento y seguridad

Se necesitan dos niveles de almacenamiento y seguridad en primer lugar, en el nivel de los formatos de registro (microdatos a nivel de parcelas), y en segundo, en el de los datos almacenados en las computadoras. Cuando se reúnen datos en general los Institutos Nacionales de Estadísticas hacen hincapié sobre confidencialidad de las

respuestas. Así, es necesario impedir el acceso no autorizado a los datos en todos los niveles. Cuando los datos se introduzcan en una computadora o se preparen, las personas que intervengan deberán tener conciencia de esa obligación y de las sanciones aparejadas a la revelación de datos. Deberán utilizarse claves para limitar el acceso a los archivos y, en cierta etapa, quizá valga la pena de resumir los datos a fin de que un acceso no autorizado permita su lectura directa. El no hacerlo puede repercutir en la credibilidad de la organización y conducir a respuestas menos exactas o incluso a negativas a responder en el futuro.

Según FAO²⁹ es imposible saber cuándo se destruirán datos de forma no deliberada; los desastres naturales, incendios, interrupciones de energía y errores de programación pueden contribuir a la pérdida de importantes archivos de datos. Por esta razón, se subraya siempre que debe haber copias de seguridad de los datos y que, a medida que avance la elaboración, los cambios de los datos requerirán nuevas copias de seguridad. Esas copias podrán ser tanto en línea como fuera de línea, pero hay que acordarse de tomar precauciones adecuadas para impedir la destrucción de todas las copias al mismo tiempo, si están almacenadas en la misma computadora y/o la misma oficina o edificio. Por ejemplo, una copia de los datos podrá almacenarse en una caja de seguridad incombustible o una copia de los datos subnacionales conservarse en cada una de las oficinas subnacionales.

12. OPERATIVO DE CAMPO

12.1. Introducción

Como toda actividad, la buena planeación permite obtener tanto los resultados esperados, como la mayor eficiencia y eficacia en el proceso, de tal forma que se maximiza el beneficio y se minimizan riesgos y costos.

La ESTRATEGIA del **operativo de campo** se experimentó en las tres pruebas piloto desarrolladas durante 2009 (1: en el área de amortiguación del PNN de Chingaza, la 2: en la jurisdicción de Corpogujaira, y la 3: en el Andén Pacífico); Como resultado la estrategia se ajustó y se reestructuró el operativo de campo para la realización del IFN, el cual fue discutido con el grupo de bosques del IDEAM, así mismo, se ajustaron los procedimientos y se validaron los resultados obtenidos, obteniendo así un producto concertado entre las entidades IDEAM – DANE.

En este mismo sentido, el proceso de recolección de información de campo dentro del desarrollo de un inventario forestal es una de las actividades más costosas. De acuerdo con Alonso (1975), Suárez (2002), Montenegro (2001), Orozco y Bruner (2002), entre otros, las actividades de campo en la ejecución de inventarios forestales pueden consumir entre el 60 al 80% del presupuesto total. En consecuencia, una buena planificación del trabajo de campo redundará en un mejor manejo presupuestal.

²⁹ Ibid.

Por otra parte, aunque el ideal de cualquier inventario forestal es contar con el tiempo y el presupuesto más amplio posible, esto casi nunca se logra, y lo más común es todo lo contrario, el tiempo es ajustado e incluso muchas veces es corto para la dimensión de las actividades que se deben desarrollar, así mismo el presupuesto es limitado, requiriendo incluso en algunas oportunidades tener que sacrificar actividades de planeación o publicación, en aras de mantener en condiciones apropiadas el trabajo de campo.

Lo anterior conlleva a la necesidad de preparar un operativo de campo acorde a las circunstancias regionales y requerimientos del IFN y en concordancia definir con la mayor precisión y el mayor rigor posible los procedimientos y estructura de éste. Así, el presente capítulo define el operativo de campo, describe la estrategia y estructura del IFN, detalla la planificación y ejecución del operativo de campo en cada una de sus fases (preoperativo, operativo y postoperativo), así mismo presenta la estrategia para operativos de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes, finalizando con la estructura para el control de calidad durante el operativo de campo.

12.2. Definición del operativo de campo en el IFN

El operativo de campo del IFN de Colombia es el conjunto de actividades planificadas, que permiten la recolección de la información muestral en los bosques naturales y vegetación secundaria existente en el territorio nacional, aplicando para ello un formato de registro único y una metodología estandarizada, que bajo diferentes controles de calidad, arrojen una alta confiabilidad estadística.

Para el desarrollo del operativo de campo se requiere una adecuada planificación en donde se integren armónicamente los aspectos técnicos, tecnológicos, operativos y de costos diseñados previamente. Esto permite que el personal de campo pueda realizar la labor de levantamiento de datos en las áreas de muestreo previamente seleccionadas y preparadas, durante el periodo de recolección definido en cada región.

12.3. Estrategia general de ejecución del operativo de campo del IFN

De acuerdo con las funciones definidas por el SINA en la Ley 99 de 1993 institucionalmente el responsable a nivel nacional de la ejecución del IFN es el IDEAM, (con el apoyo de instituciones del sector ambiental, del DANE, IGAC e Instituciones universitarias) y a nivel regional son las CAR – CDS.

Las CAR ejecutan un esquema del operativo de campo diseñado mediante la concertación con el nivel nacional, en aspectos de personal de supervisión, levantamiento de datos en campo, control de calidad, relación con la comunidad, acceso a las áreas de muestreo, transporte, seguridad y costos.

En concordancia, la estrategia general de ejecución del IFN propone un esquema de coordinación centralizada, metodología única, y el desarrollo del operativo de campo operativamente descentralizado y armonizado en lo técnico, tecnológico y en tiempos de recolección, y presupuestadamente compartido.

En la Figura 27 se presenta el esquema de planificación y ejecución del IFN, integrando los componentes, técnicos, tecnológicos y operativos, esta visión holística garantiza el éxito de la ejecución del mismo, cada producto de cada actividad es insumo para la elaboración de otro producto en cada etapa y temática en las fases de diseño, operativo de campo y posproceso.

OPERATIVO DE CAMPO: ESQUEMA DE PLANIFICACION Y EJECUCION (ASPECTOS TECNICOS, TECNOLOGICOS, OPERATIVOS Y COSTOS PARA LA EJECUCION DEL IFN)

ETAPAS DE LA EJECUCION DEL IFN	TECNICO	TECNOLOGICO	OPERATIVO DE CAMPO	COSTOS
PREMUESTREO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muestra seleccionada y preparada 2. Equipos de medicion y captura de datos definidos 3. Manuales y formatos de captura de datos disenados y validados 4. Periodos de recoleccion y referencia definidos 5. Esquemas de socializacion del IFN a nivel nacional, regional y local 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Equipos en buen estado 2. Base de datos disenadas y validadas para recepcion de informacion 3. Programas de captura, disenados y validados 4. Programas de georreferenciacion y captura geografica 5. Bases de datos de referencia taxonomica, marco estadistico y del personal de campo 6. Soporte tecnico y manuales de capacitacion 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Concertacion y acuerdos en aspectos tecnicos, administrativos y financieros (IDEAM - CARs - CDS) 2. Contratacion coordinador regional 3. Convenio o contratacion de capacitadores 4. Convocatoria del personal de campo 5. Capacitacion y seleccion del personal de campo 6. Contratacion del personal de campo 7. Mecanismo de coordinacion tecnica, administrativos y financieros. 8. Socializacion regional y local del IFN 9. Coordinacion interinstitucional 	Costos total y por grandes rubros antes de la ejecucion del operativo de campo
MUESTREO (trabajo de campo)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esquema de la estructura del personal de campo. 2. Sistema de recoleccion de datos (barrido y/o areas de recoleccion) 3. Materiales, manuales, equipos, e insumos 4. Esquema de recoleccion, captura y validacion de los datos. 5. Manuales de funciones del personal de campo. 6. Estructura de sueldos del personal de campo 7. Costeo general del levantamiento de datos en campo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Captura y validacion de datos 2. Entrega o transmision de datos 3. Niveles de consolidacion 4. Validacion 5. Soporte tecnico 6. Programa de monitoreo del levantamiento de datos en campo (niveles de ejecucion y por ejecutar, tiempo, personal, reporte rendimientos, etc) 7. Solucion de situaciones especiales 8. Reportes para el ajuste del levantamiento de datos. 	<p>A nivel de las secciones CARs - CDS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinador seccional, supervisores y equipos de levantamiento o cuadrillas de campo 2. Asignacion de las areas de trabajo a nivel de supervisor y cuadrilla de campo 3. Entrega de equipos, materiales, insumos y carnet de identificacion 4. Pago de viaticos 5. Recursos financieros para transporte y otros 6. Contratacion de personal local 7. Levantamiento, captura y transmision o entrega de datos 8. Mecanismos de coordinacion local 9. Pago de sueldos 	Costos total y por grandes rubros durante la ejecucion del operativo de campo
POSTMUESTREO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de control de calidad 2. Revisitas y validacion de datos 3. Niveles de consolidacion de datos 4. Transmision o envio de datos al nivel regional 5. transmision o envio de datos al nivel nacional 6. Indicadores de calidad del IFN 7. Costeo general del control de calidad de los datos en campo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programas de control de calidad validados 2. Reporte de indicadores de calidad de los datos del IFN. 3. Niveles de consolidacion del control de calidad. 4. Consolidacion de los datos del IFN 5. Transmision o envio al nivel nacional 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Levantamiento de datos por revisitas y/o control de datos en seccionales . 2. Captura y transmision de datos 3. Reporte de Indicadores de calidad 4. Consolidacion y transmision de datos 5. Pagos de viaticos, transporte, guias y sueldos 	Costos total y por grandes rubros posterior a la ejecucion del operativo de campo

DISENO
 EJECUCION

Figura 27. Esquema de planificación y ejecución del IFN

12.4. Estructura del operativo de campo del IFN

La **estructura** del IFN en Colombia se define como *la organización institucional y operativa que permitirá la ejecución armónica del inventario*. En tal sentido, para el IFN se proponen dos tipos de estructura, la **institucional** que visibiliza para el apoyo de la entidades en la realización del inventario y **orgánica** que define internamente la ejecución de éste. Conceptualmente, la estructura del IFN se debe entender como un componente complejo del IFN que permite identificar las interrelaciones del proyecto, definir los vínculos de causalidad, decisión y acción, y estimar la fuerza en el flujo de las decisiones y acciones en el inventario. De esta manera es posible identificar el peso de la institucionalidad y de la organización interna para llevar a cabo el IFN.

La **estructura institucional** hace referencia a cómo se organizará la participación de las entidades del SINA³⁰ para la realización del IFN. Identifica la percepción institucional del IFN y permite visualizar, desde las funciones misionales de las entidades, la pertinencia y temática específica para participar activamente en el IFN.

Por su parte, la **estructura orgánica** consiste en identificar la jerarquía para la toma de decisiones y las actuaciones concretas sobre el IFN, además permite visualizar las funciones de las partes de la estructura institucional, preservando la visión integral de todo el proyecto. Se propone que la estructura orgánica se organice en tres niveles, nacional, regional y local, referidas éstas a la manera como se organizará tanto la toma de decisiones como el flujo de información, esta estructura se apoyará en la estructura institucional de coordinación y apoyo al IFN.

La **estructura nacional** hace referencia a cómo será la organización interna del IFN para la toma de decisiones y para su logística, e involucra principalmente a los funcionarios de alto nivel (directores y subdirectores) de las entidades directamente relacionadas con el IFN; así como a los funcionarios e investigadores de asuntos técnicos para el desarrollo del inventario.

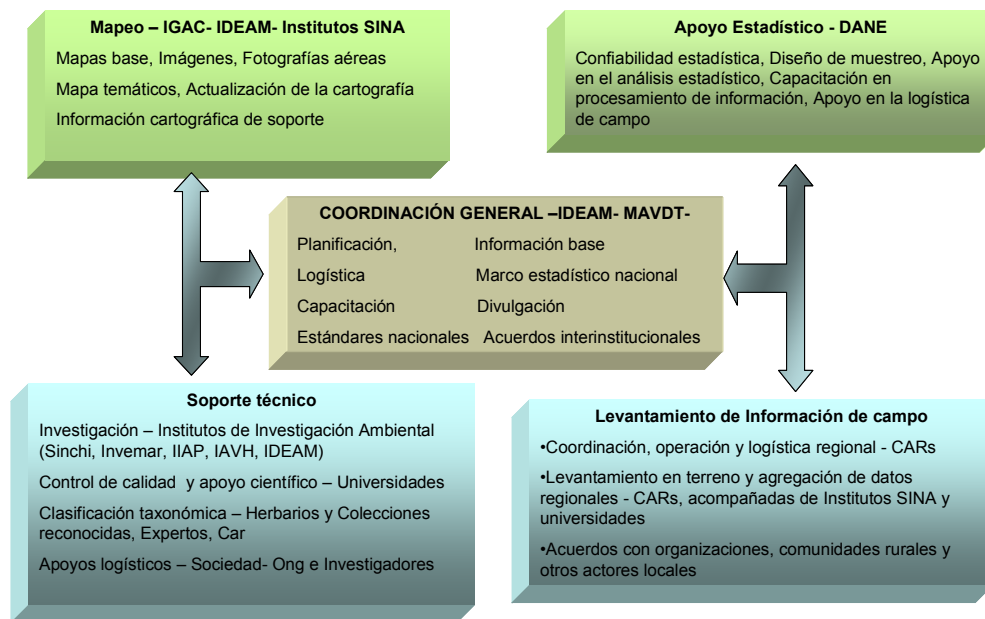
La **estructura regional** tiene que ver con la organización en las regiones, principalmente por la vinculación de las corporaciones autónomas regionales (CAR) y las de desarrollo sostenible (CAD), en la ejecución del IFN. Se propone la estructura tanto de funcionarios como de contratistas para el desarrollo de actividades en este nivel.

La **estructura local**, tiene que ver con la vinculación de autoridades y comunidades en lo local, y la organización a nivel de brigadas de campo. A continuación se presenta en detalle cada uno de los niveles y estructuras propuestas.

12.4.1. Estructura institucional del IFN

Teniendo en cuenta las funciones misionales de las entidades del SINA, se propone la siguiente estructura institucional (Figura 28).

³⁰ SINA: Sistema Nacional Ambiental de Colombia.



Fuente: IDEAM, 2008.

Figura 28. Estructura institucional del IFN, esquema ilustrativo

• EI IDEAM

Desde el punto de vista administrativo será la entidad encargada de la coordinación central y quien exprese las decisiones tomadas en consulta con las entidades de apoyo y con el MAVDT³¹, será el ordenador del gasto. Desde lo técnico y logístico, es la entidad responsable del diseño del IFN, su planeación, definición del marco conceptual y de los estándares nacionales, con el apoyo del DANE, definirá los conceptos y procedimientos para la elaboración de los marcos estadísticos y geoestadístico nacionales, propondrá los acuerdos interinstitucionales para la ejecución del IFN. Será la entidad responsable de la ejecución del IFN y por consiguiente de la obtención, procesamiento y divulgación de la información recabada.

• EI DANE

Prestará apoyo técnico en aspectos estadísticos, operativos de campo y planeación logística del trabajo de campo. Dará apoyo técnico para el procesamiento estadístico de la información recolectada.

• EI IGAC

Prestará apoyo cartográfico y de imágenes de satélite y fotografías aéreas, facilitará el acceso a la información temática que la entidad disponga.

• Las Universidades e Institutos de investigación Ambiental del SINA

Serán entidades de apoyo científico, encargadas de procesar las muestras e identificar las colectas botánicas. Serán las autoridades científicas en la materia. Prestarán al IFN

³¹ MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

el soporte científico necesario para la ejecución del proyecto y serán además, entidades de consulta permanente para la ejecución del IFN.

Otras entidades de apoyo técnico-científico: se espera que puedan participar en el ejercicio del IFN otras entidades como ONG, grupos de investigación, empresas privadas, otras agencias del Estado (por ejemplo: DNP, ANH, COLCIENCIAS³²) entre otros.

- **EI MAVDT**

De acuerdo con la Ley 99 de 1993, es la entidad rectora del SINA, y por consiguiente le competen actuaciones en materia normativa y de política. Con su concurso se espera la formulación de la política que viabilice la realización del IFN, lograr el apoyo para la coordinación interinstitucional en el SINA y obtener el apoyo necesario para la consecución de los recursos financieros necesarios para el desarrollo del mismo.

- **Corporación Autónoma Regional (Car)³³**

Es competencia de las Car la ejecución de las políticas públicas en materia ambiental, según los lineamientos que defina el Mavdt, en tal sentido, son las Autoridades Ambientales en las Regiones. Además de las funciones que en materia ambiental les otorga la Ley 99 de 1993, el empoderamiento que tienen estas entidades en las regiones, la cercanía con los pobladores locales, la participación y coordinación que tienen éstas con los Entes Territoriales³⁴ y su conocimiento del territorio, las posicionan como las entidades idóneas para desarrollar operativamente en campo el IFN, así como para dar el apoyo técnico necesario para el desarrollo del mismo.

En consecuencia se propone que sean las Car las entidades encargadas de la coordinación, operación y logística del IFN en campo, así como de brindar el apoyo logístico necesario para el desarrollo del operativo y la vinculación de este con el nivel nacional. Incluye dentro de las funciones previstas para las Car prestar el apoyo requerido para la ejecución del preoperativo de campo, así como para surtir los acuerdos que sean necesarios con las comunidades locales.

Es necesario mencionar que para que estos arreglos institucionales funcionen se requiere que el IDEAM desarrolle la concertación necesaria entre las entidades y que se posicione como líder del proceso.

12.4.2. Estructura orgánica del IFN

Teniendo en cuenta que para el desarrollo del IFN la estructura institucional se configura como un escenario de consulta y consecución del apoyo de las entidades, es necesario diseñar una estructura orgánica que permita la ejecución del inventario.

Esta estructura orgánica hace referencia a la manera como se organizará tanto la toma de decisiones como el flujo de información, es decir, cómo funcionarán las regiones y

³² DNP: Departamento Nacional de Planeación,
ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos,
COLCIENCIAS: Instituto Colombiano de Investigaciones Científicas

³³ Cuando se menciona Car se hace también referencia a las Corporaciones Autónomas de Desarrollo Sostenible.

³⁴ Según la Ley 388 de 1997, son Entidades Territoriales los Municipios, Áreas Metropolitanas, Distritos Especiales, Departamentos y Territorios Indígenas.

municipios (o sea, las partes) integradas al nivel nacional (es decir, las partes con respecto al todo). En este contexto se proponen tres niveles de organización: nacional, regional y local (Figura 29) como se describe a continuación.

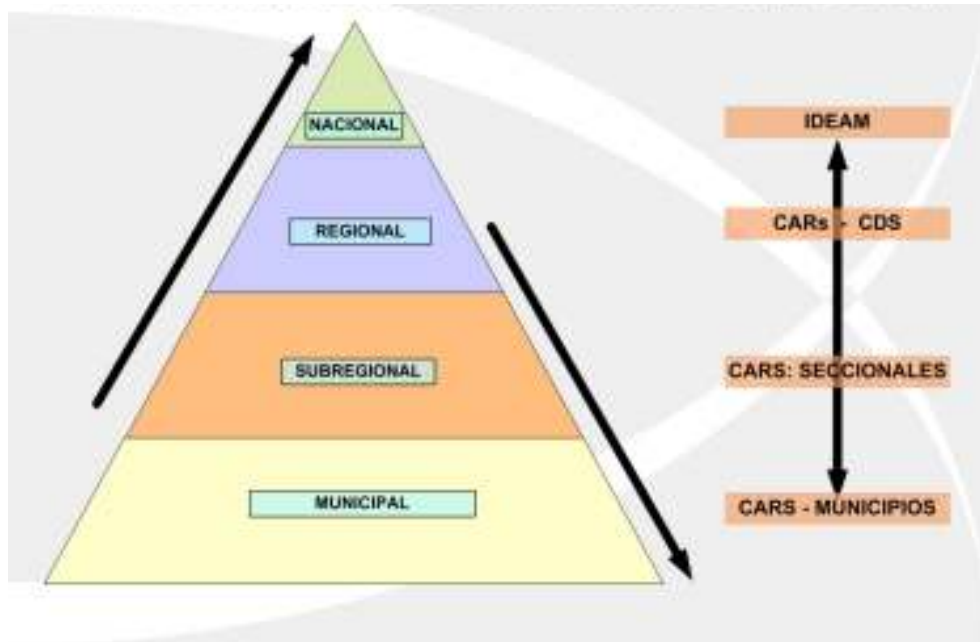


Figura 29. Estructura institucional de recolección de los datos del IFN

12.4.3. Estructura orgánica NACIONAL

Esta estructura tiene que ver en la manera como se organiza el IF a nivel nacional, involucra tanto a funcionarios del Estado como a contratistas de orden nacional en las actividades de diseño y planeación, preparación y logística, implementación y ejecución y procesamiento y publicación de los resultados. La estructura se describe a continuación y se muestra en la Figura 30.

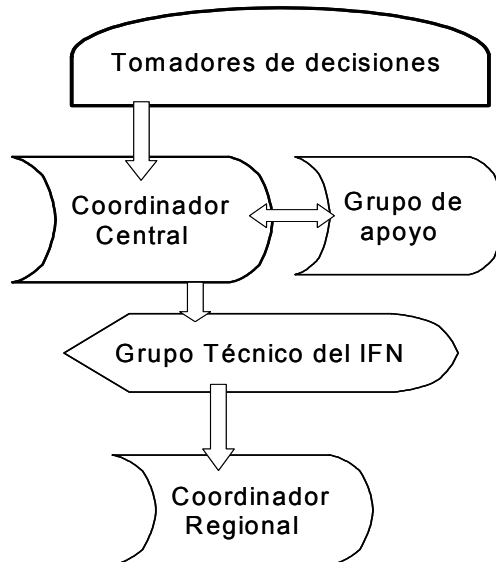


Figura 30. Estructura Nacional del IF

12.4.3.1. Tomadores de decisión

Será el grupo conformado por el Director del IDEAM y el conjunto de subdirectores de la entidad quienes tomarán las decisiones técnicas y administrativas relacionadas con la ejecución del IFN. En este sentido el director de la subdirección de información ambiental será el secretario ejecutivo e interlocutor entre el grupo técnico y el tomador de decisiones. El grupo de tomadores de decisión además tendrá la función de permitir el diálogo entre las entidades directamente vinculadas en la ejecución del IFN.

12.4.3.2. Coordinador central

Será el funcionario del IDEAM bajo el cual recae la responsabilidad técnica y conceptual del IFN (subdirector de Ecosistemas e información ambiental apoyado directamente por el Coordinador del grupo de bosques). Tendrá la responsabilidad de influir en la toma de decisiones de toda índole (técnica, administrativa, presupuestal, interinstitucional, de seguridad, entre otras) con el grupo tomador de decisiones; así como de transmitir las decisiones tomadas al grupo técnico. Estos funcionarios deberán estar acompañados por el “grupo de apoyo técnico”.

12.4.3.3. Grupo de apoyo técnico al coordinador central

Serán funcionarios del IDEAM que con sus conocimientos y conceptos técnicos apoyaran la toma de decisiones del coordinador central. Interactúan directamente con el nivel regional y el “grupo técnico del IFN”.

12.4.3.4. Grupo técnico del IFN

Son contratistas con cargo al proyecto del IFN que tienen bajo su responsabilidad el diseño técnico, conceptual, metodológico, logístico y presupuestal del IFN. Su función principal es orientar la mejor toma de decisiones al nivel central, realizar la transferencia conceptual y metodológica al nivel regional, desarrollar las capacitaciones regionales y preparar la logística regional para el desarrollo del IFN. Será en soporte conceptual y técnico del IFN.

En la fase de diseño y planeación formularán los conceptos técnicos y realizarán, con el apoyo del coordinador central y del grupo de apoyo técnico, las actividades de concertación necesarias para la definición operativa y conceptual del IFN.

En la fase de preparación y logística definirán la cartografía necesaria, prepararan el material (insumos, equipos, etc.) para el desarrollo del inventario, así como la definición logística para el mismo.

En la fase de implementación y ejecución darán los soportes requeridos por el nivel regional y local, en todos los aspectos y contribuirán con el control de calidad de la información recolectada.

En la fase de procesamiento de información darán el soporte conceptual y aportaran sus conocimientos relacionados con el análisis de la información, así mismo, definirán los niveles de publicación y propondrán al nivel central y tomador de decisiones, el contenido de las publicaciones mínimas requeridas para divulgar la información relacionada con el IFN.

Este grupo estará en contacto directo con el (o los) coordinador regional. De acuerdo con la FAO (2004) en este grupo recae el diseño y los ajustes al mismo, la planeación, ejecución y procesamiento de la información del IFN, el control de calidad y la supervisión, así como las actividades de capacitación e información y difusión de resultados.

12.4.4. Estructura orgánica REGIONAL

Esta estructura tiene su campo de actuación en la región, la cual se ha definido para el IFN, como las jurisdicciones de las CAR y CAD. En tal sentido, la CAR será la entidad encargada de la coordinación regional, prestará apoyo logístico y actuará como interlocutor con las comunidades locales. Para la ejecución del IFN se propone que a nivel regional se implemente la estructura regional que se muestra en la Figura 31 y que se describe a continuación:

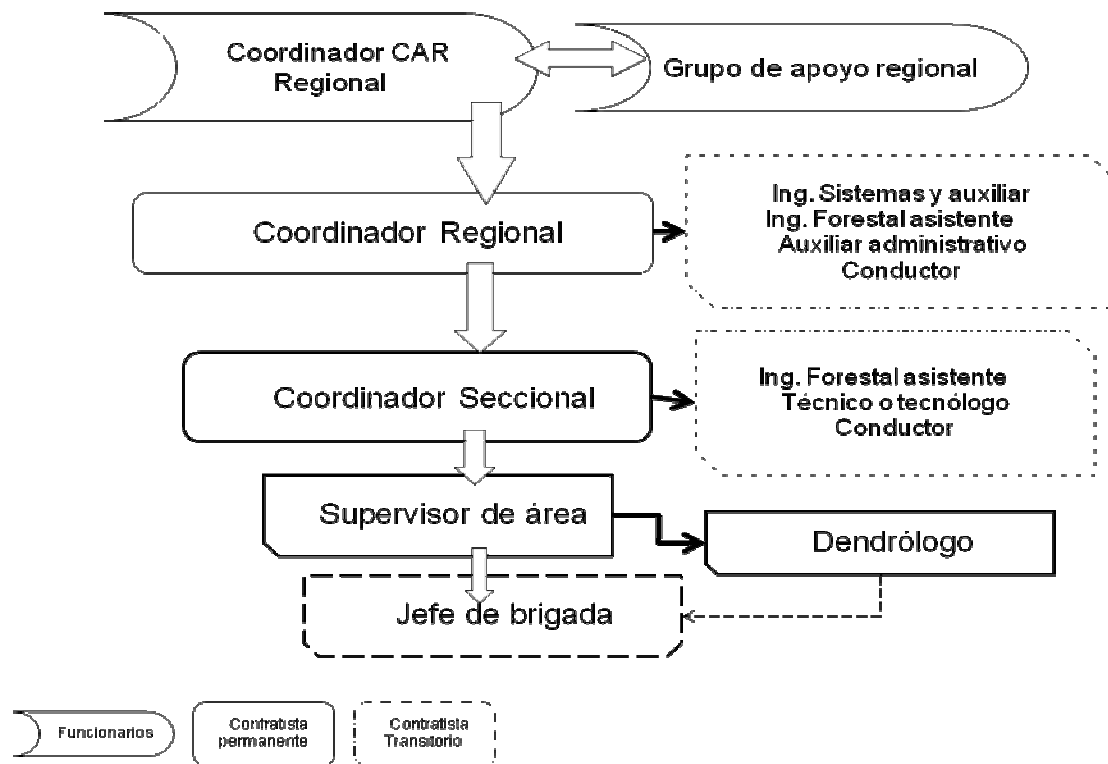


Figura 31. Estructura regional del IFN

12.4.4.1. Coordinador CAR

Será un funcionario (o varios) de la CAR que tendrá como función principal realizar el acompañamiento del proyecto en su región, realizar contactos con las comunidades, facilitar el uso logístico de la entidad y promover el proyecto dentro de la entidad. Deberá ser un funcionario con capacidad para la toma de decisiones.

Grupo de apoyo regional de la Car: será un grupo de funcionarios que en el desarrollo del trabajo en la región presten asesoría y acompañamiento al coordinador regional, se capaciten y con sus conocimientos faciliten la toma de decisiones en campo.

12.4.4.2. Coordinador regional

Será un contratista con cargo al proyecto que tendrá las funciones de coordinar todo el personal vinculado al IFN en la región. Tomará decisiones consultadas con el coordinador regional de la CAR y con el coordinador central o con el grupo de apoyo al coordinador central. Sobre esta persona recaen las funciones de recepción y envío de material e información, respectivamente. Organizará la capacitación y establecerá los mecanismos para la contratación de mano de obra, en común acuerdo con el coordinador regional de la CAR.

12.4.4.3. Asistente regional

Será un contratista con cargo al proyecto que tendrá funciones asistenciales administrativas, actuará bajo la coordinación del Coordinador regional y será su apoyo para el manejo administrativo y documental del proyecto en las regiones.

12.4.4.4. Ingeniero de sistemas y auxiliar

Será un contratista con cargo al proyecto que tendrá la función principal de capturar toda la información en el software para procesamiento y realizará además el control de calidad en la región. Requerirá de un auxiliar para la captura de información, dependiendo del tamaño de la muestra puede requerir más de un auxiliar.

12.4.4.5. Ingeniero forestal asistente (dos)

Serán contratistas con cargo al proyecto, uno tendrá funciones de asistente técnico del coordinador regional y apoyo a los supervisores, logística, coordinación con la Car y los municipios, entre otras, el otro se encargará de la coordinación del material de herbario, recepción y entrega de materiales, insumos y equipos a los supervisores y ayudará en el proceso de control de calidad como soporte técnico del ingeniero de sistemas.

12.4.4.6. Conductor y/o motorista

Será un contratista con cargo al proyecto que tendrá como función principal movilizar al coordinador regional y/o al grupo regional para el desarrollo de sus funciones.

12.4.4.7. Coordinador seccional (uno o varios según el tamaño de la muestra)

De acuerdo con el tamaño de la muestra y del presupuesto, las siguientes corporaciones requerirán de **coordinadores seccionales**: todas las CADS, CAM, CAS, Corantioquia, Corpamag, Corpocesar, Corponariño, Corponor, Corporinoquia, CRC, CSB, CVC y CVS y de apoyos administrativos seccionales; así como de un (o varios) asistente administrativo.

El coordinador seccional será un contratista con cargo al proyecto, que tendrá como función principal la coordinación logística en las seccionales de la CAR, identificadas anteriormente. Se encargará de contactar las autoridades municipales e informar sobre el proyecto. Identificará el personal de mano de obra (baquianos) y de tecnólogos para ser vinculados al proyecto y les informará sobre la capacitación para que asistan como requisito previo a la selección técnica del personal. Organizará la logística para la capacitación, definiendo el sitio exacto e informando sobre las necesidades de desplazamiento del personal local.

El coordinador seccional interactuará directamente con los jefes de brigada y será el responsable de la entrega del material a cada brigada y de recepcionar los productos de la misma.

12.4.4.8. Ingeniero Forestal asistente del coordinador seccional

Será un contratista (o varios) con cargo al proyecto que se actuará bajo la dirección del coordinador seccional y será su apoyo técnico (control de calidad, recepción y entrega de material, coordinación con las brigadas) y logístico y demás actividades que requiera el coordinador seccional.

12.4.4.9. Técnico o tecnólogo seccional

Será un contratista (o varios) con cargo al proyecto que se encargará de la tramitación de documentos relacionados con el manejo administrativo en las seccionales de la CAR. Apoyará el proceso de control de calidad y validación de información en la seccional, según requerimiento del coordinador seccional.

12.4.4.10. Supervisor de área

El supervisor de área es un contratista con cargo al proyecto que tendrá bajo su responsabilidad la supervisión de tres brigadas de campo, en lo que se ha definido como “área de supervisión”. La función principal del supervisor de área consiste en realizar el control de calidad y la crítica de la información directamente en campo y velar porque los procedimientos realizados por cada brigada se desarrollen en concordancia con el diseño del IFN. Bajo su dirección se encuentra el dendrólogo y tres brigadas de campo.

12.4.4.11. Dendrólogo

El dendrólogo será un ingeniero forestal o un biólogo o ecólogo con experiencia específica demostrada en la determinación de material botánico o en funciones directamente relacionadas con la determinación de material botánico. Actuará dentro del área de supervisión y se trasladará operativamente hacia las áreas de supervisión en compañía del supervisor de campo. Bajo su responsabilidad está la colecta del material botánico del área de supervisión, es decir, del material correspondiente a tres brigadas de campo, así como el control y seguimiento del material botánico desde el nivel seccional o regional, según corresponda.

12.4.5. Estructura orgánica LOCAL

La estructura local hace referencia a las actividades, organización e instituciones, que a nivel local se requerirán para desarrollar el IFN. En este nivel el MUNICIPIO será el actor sobresaliente, sus dependencias y estructura prestarán apoyo logístico local y proporcionarán información necesaria sobre seguridad para el personal de las brigadas de campo. Por su intermediación se desarrollará la socialización con la comunidad sobre el desarrollo del trabajo de campo.

En el nivel local también aparecen las COMUNIDADES, (comunidades negras, indígenas, campesinas, colonos, etc.) que en este nivel pueden incidir en la ejecución real y la toma de información de campo. En este sentido, las comunidades pueden brindar el apoyo y la logística requerida para la ejecución del IFN.

En lo local la cabeza visible del IFN será el JEFE DE BRIGADA, quien tomará las decisiones e interactuará con autoridades y comunidades LOCALES, los demás integrantes de la brigada de campo prestaran el apoyo requerido.

En el IFN la **brigada de campo** es el grupo de personas que se dirige directamente a los bosques para registrar la información correspondiente. La supervisión de la brigada en cuanto a procedimientos y registro de datos será realizado por el supervisor-crítico, quien acompañara por un tiempo definido, el trabajo de campo de la brigada. El supervisor-crítico también desempeña la crítica de la información, es decir, revisará la calidad de los datos en cuanto a completitud, consistencia y corrección. La estructura orgánica de la brigada se muestra en la Figura 32.

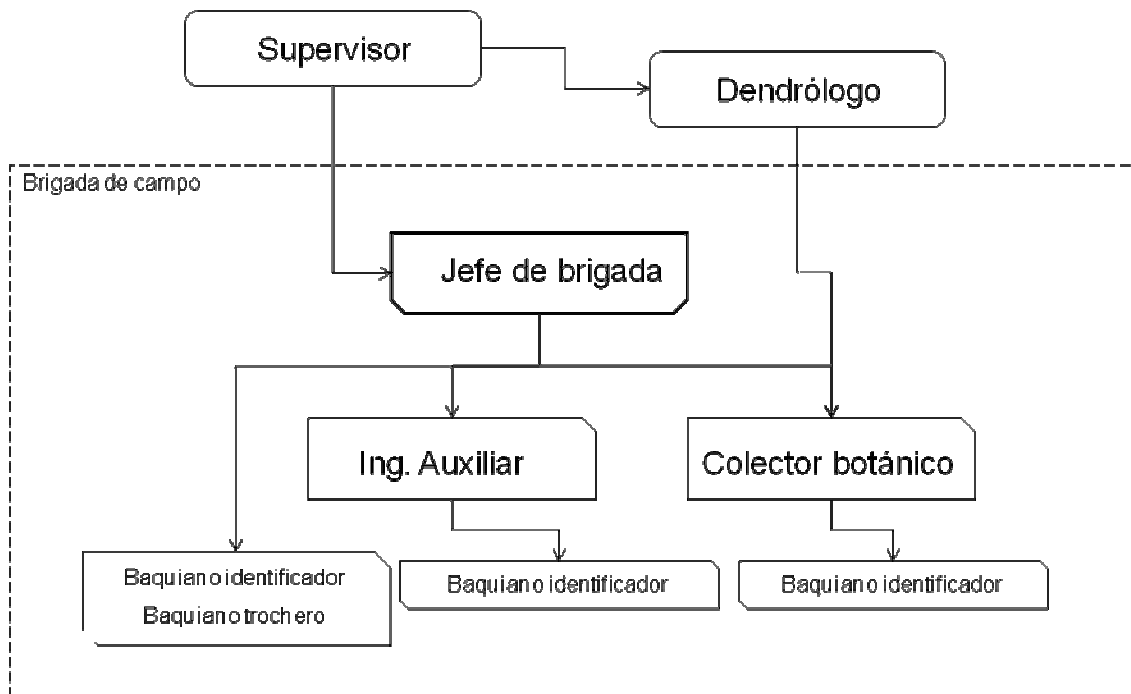


Figura 32. Estructura orgánica de la brigada de campo

Como se observa en la figura **82** la brigada de campo se compone de un ingeniero forestal jefe de brigada quien desempeña la dirección de ésta, un ingeniero forestal auxiliar del jefe de brigada, y un colector botánico.

El **jefe de brigada** es la persona responsable por la toma y registro de información de acuerdo con los procedimientos y diseños preestablecidos, realiza la crítica de la información a diario, lo cual constituye el primer control de calidad de los datos; operativamente desarrolla las actividades de acceso a la UPM y USM, delimitación de la parcela, registro de la información de latizales y fustales y cubicación de árboles, para lo cual tiene asignado dos baquianos, uno como trochero y guía y el otro como reconocedor local de especies.

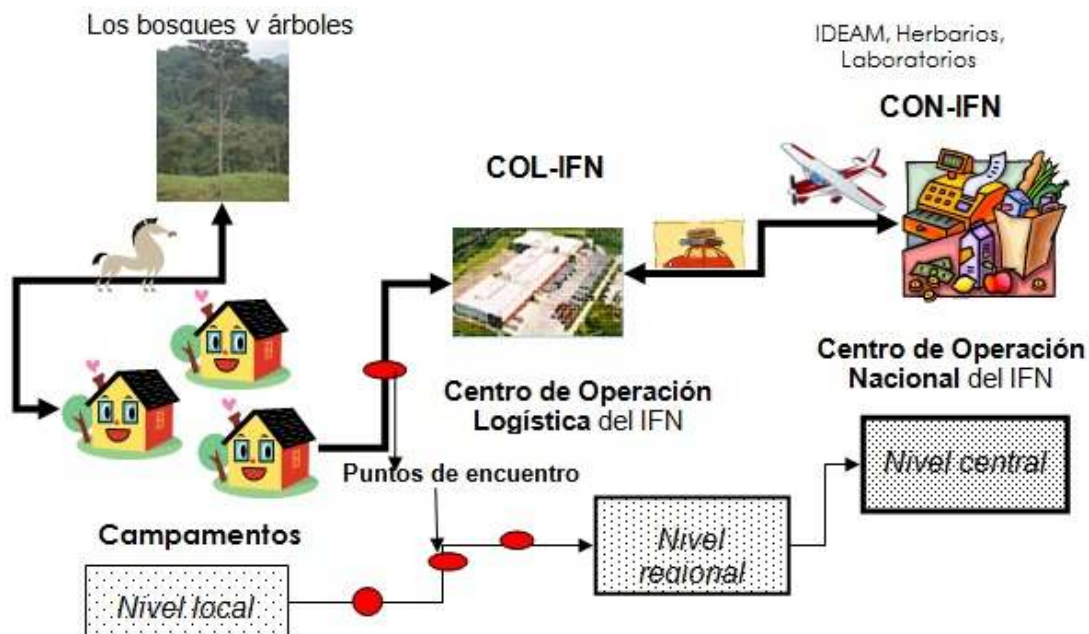
El **ingeniero auxiliar** es la persona responsable por la delimitación de los cuadrantes de la USM y la delimitación de la UCM, el registro de la información de brinzales, el levantamiento del perfil de vegetación, y la toma de muestra de hojarasca, necromasa y suelos, para lo cual tiene asignado un baquiano como identificador local y trochero.

El **colector botánico** es la persona responsable de la colecta del material botánico para lo cual tiene asignado un baquiano identificador local de especies. Esta supervisado directamente por el dendrólogo. Las funciones específicas del personal regional y local se detallan en el manual de funciones.

12.4.6. Estructura logística para el operativo de campo del IFN

El concepto ampliamente conocido de logística es acuñado del lenguaje militar y ajustado principalmente al sector empresarial, para el cual la logística hace referencia a 1) al posible flujo de los recursos que una empresa va a necesitar para la realización de sus actividades; y 2) al conjunto de operaciones y tareas relacionadas con el envío de productos terminados al punto de consumo o de uso. Por tanto, no es una exageración el decir que el éxito final de un proyecto depende en una buena parte, de la **logística**³⁵.

La **logística para el IFN** se entiende como “una serie de actividades operativas que comprende la definición de procesos necesarios para la administración estratégica del movimiento del personal de las brigadas de campo y del flujo de la información producto del IFN, de tal forma que éstos estén en los sitios apropiados, en el lugar correcto y en el momento oportuno”. En consecuencia la logística será una actividad que se desarrolla en la etapa preoperativa y que requiere como prerrequisito la selección de la muestra, condición “*sine qua non*” el trabajo preoperativo no tendrá el resultado requerido. La logística general para el operativo de campo incluye la selección del centro de operación logística, la localización del campamento, la definición concreta de cómo tomará la alimentación el personal de campo y la estrategia de comunicación con el nivel central, como se muestra en la Figura 33. A continuación se define cada uno de estos conceptos.



³⁵ www.promonegocios.net/distribucion/definicion-logistica.html

Figura 33. Estructura logística para el IFN

12.4.6.1. Centro de Operación Nacional del IFN- CON-

El Centro de Operación Nacional del IFN – CON-será el edificio donde funcione operativamente el IDEAM a nivel nacional. Se define como el centro de operación nacional debido a que es en este sitio donde se centrará la operación estadística nacional del IFN, es decir, en el núcleo administrativo, financiero, logístico y de toma de decisiones que afectan el operativo a nivel nacional. Este centro deberá contar con una excelente comunicación con los centros operativos a nivel regional y en lo posible con los campamentos, de acuerdo con un plan de comunicaciones que deberá ser diseñado para tal fin.

12.4.6.2. Centro de Operación Logística del IFN- COL-

Seleccionada la muestra y las UPM, el primer paso en logística regional del IFN será la selección del “**centro de operación logística del IFN- COL-**”, localizado a nivel regional, el cual podrá localizarse en el área urbana mas cercana o central de las UPM seleccionadas.

Este centro de operación logístico deberá contar con fluido eléctrico y servicio de Internet, con el fin de que se pueda agilizar la recepción y envío de información con el nivel central.

El COL también podrá funcionar como uno de los “campamentos” del IFN, lo cual dependerá de la organización del trabajo de campo y movimiento de las brigadas del IFN.

Otra alternativa es que el COL- se localice en las oficinas de las Unidades **Operativas del IDEAM** en las regiones, teniendo en cuenta que en estos sitios se cuenta con el equipo de comunicación necesario para el adecuado operativo de campo.

Una alternativa más es que el COL se instale en las **oficinas de las Car**, teniendo en cuenta que son estas entidades las encargadas de articular y coordinar el IFN en las regiones, además en estos sitios se cuenta con fluido eléctrico, servicio de Internet, mensajería nacional y local, y sitios de abastecimiento necesarios para desarrollar el operativo de campo.

Le corresponde al Coordinador Regional realizar las actividades necesarias para adecuar estos sitios y dotarlos de los elementos necesarios para su funcionamiento.

El COL será el nodo regional para el desarrollo del IFN, sitio de encuentro del Coordinador Regional con sus supervisores y de ellos con sus Jefes de Brigada. En las CAD y las CAR que requieren seccionales se adecuarán sitios adicionales de operación logística acorde con la estructura de las corporaciones en dichos sitios; en tal caso estos lugares tendrán la misma función y denominación que los COL.

Al COL llegará desde el nivel central todo el material para ser distribuido en las diferentes áreas de supervisión, así mismo, en este sitio tendrá lugar la última fase de la crítica de la información regional y la captura en el software para el procesamiento, así como la recepción de los formatos de registro y de las muestras botánicas, de suelos,

hojarasca y necromasa. Será el sitio prioritario para el desarrollo de las comunicaciones tanto con el nivel nacional como con el regional y local.

El COL- tendrá la importante función de articular el desarrollo del operativo de campo desde la región y el municipio hacia el nivel central, por lo mismo, deberá mantener comunicación permanente con el Centro de Operación Nacional del IFN, que para el caso corresponde a las oficinas centrales del IDEAM, en la ciudad de Bogotá. El COL será la sede del grupo regional y el punto de recepción y entrega de materiales, equipos, insumos e información del IFN.

12.4.6.3. Puntos de encuentro

Los puntos de encuentro son sitios en el área rural donde se encuentran varios grupos de campo con diferentes fines, así por ejemplo:

- Encuentro de varias brigadas de campo con el fin de precisar información, mejorar la logística, facilitar el desplazamiento o simplemente por condiciones de seguridad.
- Encuentro de la brigada de campo con el Coordinador Regional del IFN y/o con el Supervisor, con el fin principal de hacer entrega de los materiales de campo y de la recepción de la información recopilada por la brigada en el trabajo de campo, realizar los ajustes necesarios al operativo o precisar procedimientos para el control de la seguridad de los grupos de campo.
- Encuentro entre coordinadores regionales, con el fin de intercambiar información, precisar la planeación y la logística, recepción y envío de información y/o por seguridad.

Los puntos de encuentro tienen las siguientes características comunes

- Son sitios de fácil localización en el territorio.
- Son sitios reconocibles en los mapas o las imágenes de campo.
- Son sitios muy bien conocidos por la población local.
- Tienen fácil acceso.
- Poseen un mínimo de logística como: transporte público, energía, comunicaciones.
- Son sitios seguros dentro del territorio.
- En lo posible son equidistantes a las UPM o a las parcelas de muestreo.
- No requieren necesariamente ser oficinas o locaciones particulares.

Pueden funcionar como puntos de encuentro: centros poblados diferentes a la cabecera municipal, escuelas o colegios, salones de las Juntas de Acción Comunal, Iglesias, Centros de salud, entre otros. Lo importante es que permitan el encuentro de grupos de campo.

12.4.6.4. Campamento

En caso que las UPM y/o USM de muestreo queden lejanas o distantes de un centro poblado la brigada implementará un “**campamento**” para el desarrollo del trabajo. Este campamento podrá ser fijo o móvil y en todos los casos será temporal, es decir, funcionará mientras dure el periodo de registro de información en el área.

El campamento **fijo** se entiende cuando este se acondiciona en una vivienda o edificación local (escuela, salón comunal u otra infraestructura) y desde el cual se

pueden visitar varias USM. El campamento **móvil** hace referencia a un campamento que se adapta para el levantamiento de una o dos USM y que después se desmonta para ser trasladado a otro sitio.

En todos los casos el campamento deberá adecuarse principalmente para el desarrollo de las actividades de: alojamiento, alimentación, preparación de muestras botánicas, preparación de materiales e insumos y bodega de elementos y alimentos. El jefe de brigada determinará con antelación la conveniencia de establecer un campamento móvil o fijo, teniendo siempre en cuenta criterios de seguridad para el personal y elementos de trabajo.

12.4.6.5. Alimentación

Todas las brigadas contratarán un cocinero para la preparación de los alimentos. El jefe de Brigada se encargará de comprar y administrar la “remesa”³⁶ o de delegar dicha función en quien considere necesario. Cada miembro de la brigada debe contar con un portacomida y una cantimplora para transportar el almuerzo y la bebida.

La logística de alimentación es la siguiente: Desayuno: se toma a diario en el campamento; almuerzo: se lleva del campamento y se toma en el bosque; la brigada decide el sitio y horario más conveniente para ello; y cena: se toma a diario en el campamento. Como medida de prevención de enfermedades diarreicas todas las brigadas deberán contar con agua hervida para la preparación de las bebidas requeridas.

12.4.6.6. Comunicaciones

La distribución de elementos se hará a través del Coordinador Regional, quien sostendrá comunicación permanente con los Supervisores y éstos a su vez con las brigadas de campo. En todo caso todo el personal de campo conocerá los números telefónicos tanto de supervisores como de jefes de brigada y coordinado regional con el fin de que la información fluya apropiadamente.

12.4.6.7. Desplazamientos de supervisores y brigadas de campo

Desde el COL se revisarán las rutas de desplazamiento de los supervisores con base en el marco de muestreo y en la cartografía enviada desde la Dirección Nacional a través de los planos generales, en los cuales se observa la de ruta del supervisor. En este material cada supervisor identificará su área de trabajo así como las rutas de desplazamiento propuestas desde el nivel central. Se definirá conjuntamente con el coordinador regional la conveniencia o no de dichas rutas y se tomarán decisiones al respecto. En caso que las rutas se modifiquen, esto se consignará en el mapa respectivo.

En este mismo sitio se realizará la revisión de UPM entre cada supervisor y sus respectivos Jefes de Brigada, para lo cual se revisará el plano general y el plano veredal, conforme se explicó anteriormente. Cada supervisor determinará con cada Jefe

³⁶ Remesa: término coloquial con el cual se denomina la compra de víveres para la preparación de los alimentos, por lo general en la remesa también se incluyen artículos necesarios por todo el equipo, como la compra de ollas, jabón de loza y de ropa, velas, pilas, etc.

de Brigada los “puntos de encuentro” con el fin de desarrollar las actividades propias de supervisión así como de control de calidad. Se pondrán de acuerdo en cuanto a fechas para la realización de las actividades de seguimiento.

Todos los Jefes de Brigada y Supervisores realizaran su desplazamiento inicial desde el COL, para lo cual contarán con vehículos exclusivos para el desarrollo de su trabajo, en consecuencia el Coordinador Regional con el apoyo de los supervisores realizaran la contratación requerida.

El desplazamiento de los Jefes de Brigada se realizará de acuerdo con el mapa veredal y según lo acordado con los supervisores y coordinador regional. Para el desplazamiento de la brigada se alquilará un vehículo con dedicación exclusiva a la comisión, el cual la desplazará desde el COL o desde el municipio más cercano hacia las UPM seleccionadas.

12.5. Estrategia de planificación y ejecución del operativo de campo en el IFN

En general la estrategia para desarrollar el operativo de campo se define como “*el grupo de acciones planificadas que apuntan a la consecución del objetivo del IFN*”; en la cual se involucra tanto a los directivos y tomadores de decisiones como al personal operativo, tanto en los niveles nacional y regional como en el local, por lo mismo, es necesario que la planificación sea conocida por todos los involucrados de tal forma que en conjunto contribuyan de manera apropiada para el éxito de la investigación estadística. La estrategia para el operativo de campo del IFN se plantea como se muestra en el Cuadro 20. A continuación se describe la estrategia planteada.

Cuadro 20. Estrategias de planificación para el operativo de campo del IFN

Variables estratégicas	Fases de planificación del IFN.
1. Diseñar y planear	Fase de diseño y planeación
2. Preparar y definir la logística	Fase del pre-operativo de campo
3. Ejecutar y controlar	Fase del operativo de campo
4. Analizar y procesar	Fase del post-operativo de campo o postmuestreo

De acuerdo con el cuadro 1 existen cuatro fases en el diseño del IFN que se deben tener en cuenta en la planificación y ejecución del mismo, la fase anterior al levantamiento de datos de campo denominada fase de diseño y planeación, la fase inmediata al levantamiento de información, denominada fase del preoperativo de campo, una fase propiamente de levantamiento de datos en campo o denominada operativo de campo y la fase posterior al levantamiento de datos o postmuestreo (o postoperativo). Cada fase requiere unos insumos desde los aspectos técnico, tecnológico y financiero, si no existen estos insumos no se puede llevar a cabo el operativo de campo.

En la fase del diseño de la investigación se elabora, valida y costea el IFN en todos los aspectos del mismo: marco conceptual y metodológico, aspectos técnicos, diseño estadístico, diseño geoestadístico, diseño del sistema de captura de datos en campo,

estimación de costos y elaboración de manuales de campo. La validación se realiza a través de pruebas piloto que permitan identificar ajustes al diseño y a la planificación.

En la fase del preoperativo de campo se desarrollan actividades relacionadas con la planificación y logística regional y local que permitan garantizar la ejecución exitosa de la investigación estadística, tales como: consecución del centro de operaciones y logística, actualización cartográfica, estrategias de seguridad para el personal de campo, coordinación institucional regional y local, socialización y sensibilización con la comunidad, capacitación y selección de baquianos, técnicos y profesionales que conformaran las brigadas de campo, y definición de las estrategias de comunicación.

En la fase del operativo de campo se realizan las actividades propias del levantamiento y registro de la información, para lo cual se contratan las personas, el transporte, se define la estrategia de desplazamiento, se entregan insumos, herramientas y equipos, se realiza el desplazamiento hacia los sitios de muestreo seleccionados y hacia los bosques objeto de estudio, se registran los datos y toman las muestras correspondientes y se envían al centro de operación logística, se realiza el control de calidad, se recepciona la información y se culmina la etapa de recolección.

En la fase del postmuestreo se realiza el procesamiento de los datos y se genera la información correspondiente, de acuerdo con los diseños previamente elaborados. A continuación se describe cada una de las fases del IFN de Colombia.

12.6. Fase de diseño y planeación

Esta fase involucra la conceptualización temática de los componentes principales del IFN, tales como: el marco conceptual y metodológico, los conceptos técnicos, cartográficos, estadísticos, operativos, tecnológicos y de publicación, que formaran parte del IFN. A continuación se proponen los alcances de cada uno de de estos componentes.

12.6.1. Marco conceptual y metodológico

El marco conceptual del IFN precisa el objetivo (general y específico), el alcance, los indicadores, el enfoque conceptual y el marco técnico del diseño del IFN de Colombia. Esta claridad conceptual permite comprender la conceptualización técnica y tener precisión frente a los resultados esperados del IFN. Como **resultado** de esta fase se remite al lector al capítulo IV de este documento.

12.6.2. Conceptualización técnica

Esta conceptualización precisa: i) los indicadores del IFN, es decir, cómo se expresaran los componentes técnicos del inventario forestal, ii) las variables de los componentes, o sea, los elementos que describen los componentes y permiten conocer el comportamiento de la población, y iii) la manera cómo se presentara dicho comportamiento, es decir, las tablas de salida de la información.

Para este ejercicio se identificaron con claridad las variables del IFN, el método más apropiado para su medición y cómo éstas pueden realmente reflejar el comportamiento de la población, es decir, los árboles dentro de los bosques naturales y vegetación

secundaria; luego entonces, también define el formato de registro de la información, los procedimientos y los equipos requeridos para la toma de información en campo.

Como **resultado** se remite al lector al capítulo V de este documento en el cual se explican los indicadores, variables, tablas de salida definidos y el formato de registro de la información en campo. Los métodos detallados y las técnicas para la medición de las variables, así como los equipos necesarios para ello se describen ampliamente en el manual técnico para el diligenciamiento del formato de registro del IFN.

12.6.3. Diseño estadístico

En el diseño estadístico se define el universo de estudio, la población y el diseño estadístico de la muestra sobre la cual se reunirán los datos e información de los bosques naturales y la vegetación secundaria del país; y la manera como se describirán e interpretarán esos datos. El diseño muestral define el tamaño de la muestra que permite reunir la información suficiente de acuerdo con el nivel de confianza estadística (error de muestreo), ello requirió a su vez, definir el tamaño de la unidad de muestreo, el número de éstas unidades y el arreglo estadístico para poder concluir con respecto a la población y al universo.

El **resultado** de este componente es la definición del universo, la población y la muestra, los algoritmos matemáticos para el procesamiento y descripción de los datos y para la interpretación de éstos. El tamaño de la muestra, los errores de muestreo, el tipo de unidad de muestreo y su arreglo estadístico. Se remite al lector al capítulo VI del presente documento.

12.6.4. Diseño y conceptualización del marco geoestadístico

Muy importante en el diseño del IFN el marco geoestadístico identifica y espacializa el universo y la población de estudio, así mismo permite georreferenciar la muestra con lo cual se planifica y desarrolla el operativo de campo.

Este marco incluye la definición del sistema de referencia, los mapas fuente y el mapa de diseño del inventario forestal, la estratificación y subestratificación, los niveles de estimación, la codificación de las unidades de muestreo, y la cartografía para el levantamiento de los datos en campo, es decir, la cartografía para la planificación y ejecución de los operativos de campo (mapa general, veredal y de las UPM).

El **resultado** de este componente es el mapa de diseño del IFN, la definición del código de las unidades de muestreo, el cómo se espacializará la muestra y la definición concreta del tipo de cartografía necesaria para el trabajo de campo.

12.6.5. Diseño del sistema de captura de datos en campo

En este diseño se especifican los requerimientos de plataformas informáticas para la captura, procesamiento y divulgación de la información que es registrada en campo. En este aspecto se conceptualiza que tipo de tecnología (software y hardware) será la apropiada para el registro de los datos de campo, bajo que sistema de base de datos se almacenará y procesará la información y en que plataforma se podrá disponer la información para la consulta de los diferentes usuarios. Corresponde a este componente definir también las normas para la validación de la información en campo, así como el flujo de la información registrada. En este mismo componente se define el

nivel de acceso a la información y los mecanismos de seguridad y salvaguarda de la misma. Como **resultado** se obtiene la definición del soporte tecnológico, tanto en hardware como en software para la captura, procesamiento y divulgación de la información, así como la definición de los niveles de acceso y seguridad de la información obtenida, para lo cual se remite al lector al capítulo VIII de este documento.

- **Estimación de costos**

La estimación de los costos se realizó con la información suministrada por las CAR' en sus ejercicios regionales y se ajustó con base en los resultados obtenidos de las tres pruebas piloto desarrolladas durante el diseño del IFN. Los costos se agrupan en costos fijos y costos variables y dentro de estos en grandes rubros. La información puede ser consultada en el capítulo X de este documento.

- **Elaboración de manuales**

Para el desarrollo del operativo de campo se requiere el diseño y elaboración de una serie de documentos técnicos y metodológicos que le permitan a la brigada resolver dudas o ajustar los procedimientos al diseño estándar y único para la ejecución del IFN de Colombia, estos documentos forman parte integral del diseño y se relacionan como anexos a este documento. Los manuales amplían técnicamente los procedimientos y metodologías para el desarrollo del trabajo de campo del IFN y son de consulta y conocimiento obligatorio por todo el personal de campo. Entre los manuales diseñados se cuenta con:

- Manual del operativo de campo
- Manual técnico para el diligenciamiento del formato de registro
- Manual de primeros auxilios y seguridad industrial
- Manual de equipos
- Manual de validación
- Manual de funciones
- Manual de capacitación
- Manual del dispositivo móvil de captura

En **síntesis**, en la etapa de diseño se desarrollan los conceptos temáticos que guiarán el proceso de planificación del IFN, y se producen los elementos requeridos para iniciar el preoperativo de campo.

- **Pruebas piloto en el diseño del IFN**

Es importante destacar que en la fase de diseño del IFN de Colombia se realizaron tres pruebas piloto que permitieron validar algunos aspectos del mismo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Pruebas piloto realizadas en el diseño del IFN

Prueba Piloto	Municipio/tipo de bosque	Fechas		
		Planificación	Operativo de campo	Post-operativo de campo
Área de amortiguación del PNN Chingaza	Choachí (Cundinamarca). Bosques andinos	Enero – Febrero de 2009	9 a 20 de marzo de 2009	Abril – mayo de 2009
Corpoguajira	Dibulla (Guajira). Transición entre bosque húmedo y seco tropical	Julio – agosto de 2009	Septiembre 7 a octubre 16 de 2009	Octubre 19 a diciembre 20 de 2009
Anden pacifico	Quibdó, corregimiento de Tutunendo (Choco). Bosque muy húmedo tropical	Septiembre-octubre de 2009	Noviembre a diciembre 21	En procesamiento de información

Algunos de los objetivos de las pruebas piloto fueron: validar el contenido del formato de registro, validar los procedimientos para la medición de las variables y probar los equipos e instrumentos de medición; estimar tiempos de recolección y movimiento de la brigada, probar la conformación y funciones de la brigada de campo, probar el sistema de control de calidad, probar el diseño y contenidos de los manuales de campo, probar el tiempo, contenidos y método de la capacitación, probar y ajustar el sistema móvil de registro de información en los bosques, validar y ajustar el diseño estadístico y el marco geoestadístico, validar el esquema del operativo de campo, recabar información para la estimación de varianzas de de los bosques naturales, ajustar los costos previstos para los operativos de campo, probar el esquema de coordinación institucional, probar la respuesta de los herbarios y los tiempos asociados a la determinación de los ejemplares botánicos, probar el diseño de la base de datos y el tiempo asociado al postproceso.

Los resultados obtenidos permitieron ajustar el diseño general del inventario forestal nacional de Colombia. Para la ejecución de las demás fases del IFN se requiere que en el diseño de la investigación se tengan varios productos elaborados que son fundamentales para continuar la investigación, entre ellos:

- Tamaño y distribución espacial de la muestra por municipio y las CAR seleccionada.
- Formato de registro diseñado.
- Estructura orgánica regional y local diseñada.
- Tiempos aproximados de registro de datos por USM estimados.
- Sistema de captura de datos (papel y/o digital) diseñado.
- Sistema de control de calidad de los datos de campo diseñado.
- Recursos financieros asignados.

12.7. Fase del preoperativo de campo del IFN

El **Preoperativo** consiste en realizar las actividades preparatorias para el desarrollo oportuno del operativo de campo, tales como: acercamiento con las autoridades locales y sensibilización con las comunidades, preparación de la cartografía y marco de muestreo, preparación de los materiales y equipos, y definición logística del trabajo de campo, contratación de la brigada (técnicos y baquianos), entre otras. Estas actividades

se desarrollaran en diferentes periodos bajo estrategias específicas en cada región y son coordinadas principalmente por el Coordinador Regional.

12.7.1. Sensibilización a nivel nacional y regional

A nivel nacional el IDEAM adelantará la comunicación sobre la ejecución del IFN, expresara sus objetivos, beneficios y la necesidad de colaborar con el personal de campo para el éxito de la investigación. Igual tarea le corresponderá adelantar las CAR – CDS a nivel regional y local, para garantizar la cooperación de la población rural, proteger la integridad personal de las brigadas de campo y la participación en el trabajo de campo, el entendimiento de la importancia de la investigación tanto para la población rural como urbana es fundamental para el éxito de la investigación.

12.7.2. Contacto con autoridades locales y sensibilización social

Para el desarrollo de las actividades de campo es necesario prever que todo el personal debe portar un **carnet** de identificación. Desde el CON (Centro de Operación Nacional) se debe enviar un **oficio** dirigido a las autoridades municipales en el cual se explique de manera concreta el proyecto y el objetivo, así como se presente al personal de campo que permanecerá en la zona. Se debe indicar un teléfono de contacto y una persona responsable en el CON que aporte información requerida desde lo local.

Una vez en la zona, durante la etapa preoperativa, el jefe de brigada o el coordinador Regional deberá dirigirse al **Alcalde municipal** con la copia del oficio previamente enviado. Allí informará al alcalde detalles importantes del proyecto como su objetivo, alcances, actividades que se desarrollaran en la zona, cuantas personas permanecerán, hasta cuándo y en qué sitios. Pedirá contacto con la persona encargada de los temas ambientales (que puede ser la Umata u otra oficina), para la búsqueda de información. De ser necesario llevará la cartografía temática para mostrar al Alcalde los sitios en los que permanecerá la comisión. En caso de ser atendido por otra persona diferente al Alcalde, dará la misma información y solicitará apoyo para el buen desarrollo del proyecto. De ser posible iniciará el proceso de cartografía social, con el fin de establecer la mejor ruta hacia los sitios de muestreo.

También suele ser conveniente informar a la **Policía Nacional y/o al Ejercito Nacional** la presencia de la comisión en campo; suministrando la misma información dada al Alcalde, sin embargo esta decisión será comunicada directamente desde el nivel central a través del Coordinador regional a los respectivos jefes de brigada. Con las autoridades policivas y militares es necesario también informarse sobre la presencia de grupos al margen de la ley en la zona o sobre otros posibles riesgos para el desarrollo de campo. En caso que la información suministrada con relación a los riesgos genere preocupación mayor en el grupo, el Jefe de brigada o el Coordinador de área informarán a la sede central para concertar y tomar la mejor decisión, la cual en todo caso privilegiara la salvaguarda de los miembros de la comisión y evitará riesgos innecesarios.

Es conveniente también tomar **números telefónicos** de autoridades y entidades locales que en un momento dado puedan ser de ayuda ante una contingencia, como: hospital o centro de salud, policía, alcaldía, ejército, párroco, defensa civil, bomberos, transportadores, entre otros, para lo cual se recomienda revisar el manual de seguridad

industrial. Así mismo, es importante que las autoridades tomen los números telefónicos del personal de campo con el fin de que en caso de cualquier contingencia exista un canal de comunicación ágil y eficaz.

La **sensibilización** por su parte tiene que ver con la información que sea necesario suministrar a la comunidad civil. Es conveniente para esto que todas las brigadas de campo cuenten con una **presentación (análoga y/o digital)** con la cual puedan suministrar la misma información en todos los sitios de muestreo que así lo requieran. De ser necesaria esta información podrá ser entregada a las personas que así lo requieran. Esta presentación debe estar disponible también en la **página web del IDEAM** con el fin de que la comunidad observe el apoyo institucional para el proyecto.

Es importante la sensibilización con la comunidad para lograr disminuir los rechazos y los temores sobre el diligenciamiento del formato y de esta manera mejorar la cobertura. Es fundamental informar a los **presidentes de junta de acción comunal**, y en general a la comunidad, para que ellos mismos faciliten el acceso a las fincas donde se localizan las USM y de esta forma mejorar la seguridad para el personal de la brigada y supervisores.

Como mecanismo de **información**, es conveniente que la brigada de campo informe a la comunidad su presencia en los sitios puntuales, para ello se sugiere realizar una **reunión con la comunidad** en la cual se cuente, en términos fáciles de entender, los objetivos y actividades que se desarrollaran en los bosques. Entre las estrategias de información y comunicación se sugiere la elaboración de volantes, afiches u otro tipo de material divulgativo que pueda ser entregado a los habitantes de los sitios puntuales donde se desarrollará el operativo.

12.7.3. Convenios interinstitucionales a nivel regional

El IDEAM y/o las CAR adelantarán convenios interinstitucionales a nivel regional con la academia, ONG, Institutos de Investigación Ambiental, comunidades indígenas y afrodescendientes para desarrollar algunas actividades del IFN o para facilitar el acceso de las brigadas a los sitios de muestreo. Especial atención debe tener los convenios necesarios con los herbarios regionales con el fin de determinar las muestras botánicas y preservar la colección botánica del IFN. Este convenio podrá ser coordinado a través de la Red de Herbarios de Colombia y el IDEAM, para lo cual será necesario en su momento definir los alcances y la estrategia requerida.

12.7.4. Preparación de equipos y materiales y flujo para envío y recepción de éstos

Los equipos, herramientas y materiales utilizadas para la realización de operativo de campo del IFN se detallan en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Equipos, herramientas y materiales del IFN

EQUIPOS TECNOLÓGICOS	HERRAMIENTAS	MATERIALES
<p>Equipo de seguridad industrial: Casco, chaleco, guantes, botas, gafas. Equipo de primeros auxilios: botiquín y pitos.</p>		
<p>PDA con GPS incorporado Brújula de precisión Hipsómetro digital - Criterion Distanciómetro digital ultrasonido Cámara fotográfica digital Computador portátil Boquitocois o radiocomunicador portátiles (Walkie Talkie</p>	<p>Decámetro Cinta diamétrica Flexómetro, Desjarretadora Binoculares Tijeras podadoras Cilindros de acero Pie de Rey Navajas Lupa Niveles Balanza de precisión Romana</p>	<p>Imágenes de satélite y cartografía Manuales, fichas de codificación de muestras, cuadernos y libretas de campo y formato de registro de campo. Portacomidas, tablas de apoyo, lápiz, borrador, chinchas, fichas de cartulina, marcador indeleble, soga de nylon, alcohol, vidiograf, bolsas transparentes de diferentes dimensiones, bolsas de papel, bolsas y papel de aluminio, papel transparente, fibra de nylon delgada, cinta reflectiva, pintura fosforescente, pintura spray, pilas, linternas.</p>

- **Preparación de equipos y materiales**

Esta actividad consiste en la búsqueda y preparación del **material y los equipos** requeridos para el desarrollo del trabajo de campo. En cuanto a materiales estos se entienden como los formularios de campo, las herramientas e insumos necesarios para el desarrollo del trabajo de campo, los cuales deben prepararse y embalarse para su envío a los COL.

Dentro de los materiales es muy importante el **botiquín** el cual debe contener los elementos para prestar primeros auxilios (alcohol, algodón, gaza, guantes, bajalenguas, vendas), en lo posible medicamentos genéricos de venta libre para todo tipo de malestares como temperatura, dolores musculares, problemas diarreicos, así como sueros antiofídicos para la mordedura de víboras.

También se entienden por materiales la preparación y copiado de los **manuales de campo**, de tal forma que cada miembro de la brigada y personal técnico tenga los ejemplares correspondientes.

Además de los manuales de campo se debe incluir el **material para la capacitación**, así como para coordinadores y supervisores de área y una presentación (en medio magnético y análogo) para realizar la socialización del proyecto con la comunidad. Se recomienda preparar material extra para la capacitación y entrenamiento y para cubrir eventualidades.

Con relación a los **equipos de campo** en la etapa preoperativa se reúnen los equipos digitales y tecnológicos requeridos para cada brigada de campo. No se trata solamente de reunir los equipos y enviarlos, además se debe verificar su adecuado funcionamiento, revisar que las baterías funcionen, que exista suficiente número de éstas para el desarrollo del trabajo o en su defecto que los cargadores se incluyan y que funcionen. Todos los equipos y material no fungible deben ir codificados con el fin de que se pueda hacer la entrega a cada jefe de brigada. La preparación de los equipos incluye los manuales de uso de los mismos, así como el cargue de la información. En el caso de la PDA se cargaran los formularios de campo y dependiendo de la capacidad de la memoria, la cartografía digital. También se cargaran los puntos de GPS de las USM seleccionadas en la muestra.

- **Flujo para envío y recepción de materiales e información**

El procedimiento para la entrega y recibo de los materiales, insumos y equipos de campo, así como de la información registrada por las brigadas de campo, es el siguiente:

1. La Dirección Nacional prepara los materiales para cada brigada, organizando las cantidades necesarias de éstos por áreas de supervisión y los envía al Coordinador Regional a través del Centro de Operación Logística.
2. El Coordinador Regional prepara y alista el material para cada Supervisor y a través del Formato de “Entrega de equipos e insumos al supervisor” hace entrega de los equipos, insumos y materiales en las cantidades necesarias para el número de brigadas de cada área de supervisión a su cargo.

3. A su vez el supervisor, en el Centro de operación logística hace entrega a cada Jefe de Brigada de los equipos, insumos y materiales necesarios para el desarrollo de trabajo para lo cual diligencia el formato “Entrega de equipos e insumos al Jefe de Brigada”.
4. Finalmente el Jefe de Brigada distribuye estos materiales dentro de la brigada, con la ayuda del Ingeniero Auxiliar y hace responsable a cada miembro de la brigada por algunos elementos, de acuerdo con las funciones que ellos desempeñaran. Por norma del IFN los equipos son responsabilidad directa del Jefe de Brigada, quien de acuerdo con la necesidad los podrá delegar en el ingeniero auxiliar o en el recolector botánico, no es apropiado delegar la responsabilidad de los equipos en los baquianos (Figura 34).

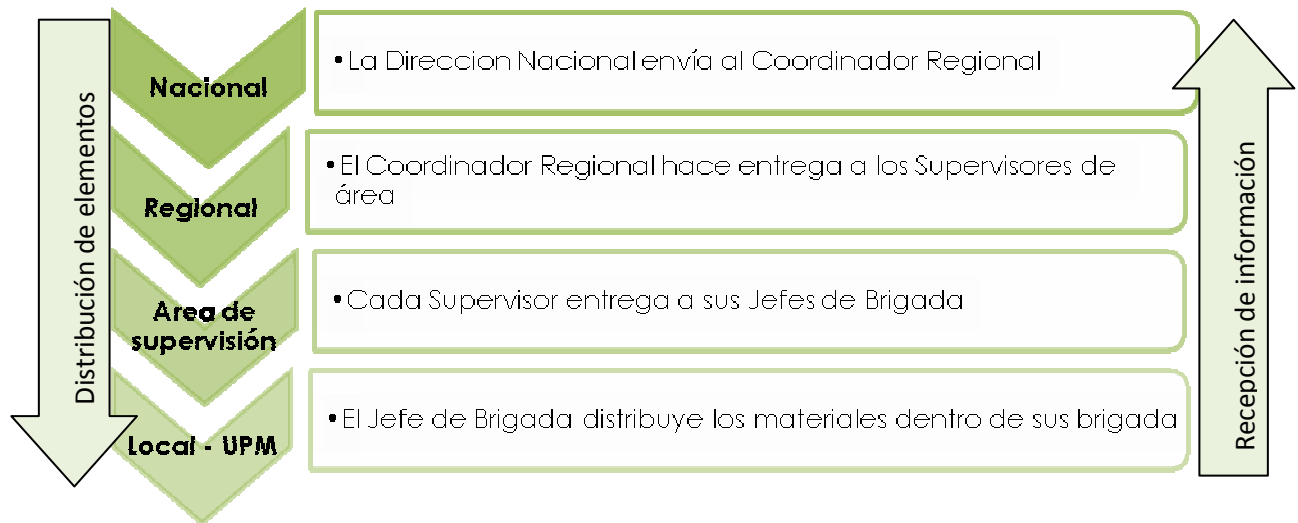


Figura 34. Flujo para el envío y recepción de materiales e información en los diferentes niveles del IFN

Este mismo esquema se utilizará para recibir la información y materiales cuando cada proceso del operativo de campo vaya siendo concluido, es decir, el jefe de brigada hará entrega de los materiales e información al Supervisor una vez concluya su labor, este a su vez los entregará al coordinador regional, quien a su vez los regresará a la Dirección Nacional. En cada caso se utilizarán los formatos de control y entrega de elementos e información. Este flujo de entrega de elementos también aplica para el caso de la información pero a la inversa, es decir, el Jefe de brigada regresará la información correspondiente a sus UPM al Supervisor de área, este a su vez lo hará al Coordinador Regional, quien remitirá a su vez al nivel nacional. En cada caso se realizará el diligenciamiento de los formatos de control y entrega de información.

Este esquema puede tener modificaciones de acuerdo como se plantee el operativo de campo en cada Car e incluso dentro de cada región. El caso de las jurisdicciones de la CAM, CAS, Corantioquia, Corporinoquia, Copoamazonia, Cormacarena, CDA y Codechocó el flujo de entrega de equipos e información será desarrollado por el Coordinador seccional. Desde el nivel central los equipos contarán con una póliza de seguro y el cubrimiento del mantenimiento durante el año de levantamiento de datos de campo, así mismo se tendrá previsto un número de equipo excedente por situaciones

de pérdida o mal funcionamiento. La compra a nivel nacional de los equipos, insumos y materiales garantiza la homogeneidad, estandarización y particularmente aprovechar precios especiales para compras por mayores cantidades aprovechando la economía de escala.

12.7.5. Convocatoria para el personal de la brigada de campo

Cada coordinador regional a través de las CAR y de acuerdo al tamaño de la muestra realizará la convocatoria para la selección del personal de la brigada de campo y de apoyo al coordinador regional, particularmente el ingeniero de sistemas, el auxiliar administrativo, el conductor, los baquianos y reconocedores de campo. La convocatoria se realizará con anterioridad a la capacitación y permitirá seleccionar el personal el que cumpla con los requisitos para que asista a la capacitación.

La convocatoria establecerá claramente los siguientes aspectos: tiempo de vinculación, área de trabajo, honorarios, viáticos, forma de pago, condiciones para el pago, perfil profesional o técnico, funciones a desempeñar, experiencia en trabajos de campo requerida, afiliación a salud y pensión, vacunas (fiebre amarilla, tétanos, malaria, entre otras), póliza de seguro, responsabilidades y comportamiento requerido. El personal local (baquianos) también podrá ser contratado en las respectivas áreas de trabajo, en los municipios donde se ubica la muestra de parcelas. Esta función está a cargo del supervisor.

12.7.6. Capacitación

Se entenderá por **capacitación** el proceso destinado a promover, facilitar, fomentar y desarrollar aptitudes, habilidades, o grados de conocimientos de las personas que participan en el IFN, con el fin de permitirles un mejor desempeño en sus funciones dentro del IFN, procurando la necesaria adaptación del grupo a los procesos tecnológicos y de comunicación inherentes al desarrollo del IFN.

Por su parte la **formación** se entiende como la transmisión ordenada y sistemática de habilidades y destrezas, y de conocimientos tecnológicos para los trabajadores que se desempeñan en ocupaciones calificadas y semicalificadas y que buscan formar en ellos competencias en aspectos específicos de su desempeño laboral (OEI, 1996).

El **proceso de capacitación – formación** se desarrollara a través de la ejecución de las sesiones de formación, las cuales serán orientadas por el facilitador (o capacitador), quien en cada sesión aplica los instrumentos y herramientas diseñadas para cada temática. Luego, los conceptos, procedimientos y demás elementos de formación del “aprender” serán profundizados a través de sesiones prácticas en las cuales se desarrolla el “hacer”. Lo anterior enmarcado en la metodología global del “aprender-haciendo”.

El esquema que se plantea para la capacitación-formación en el IFN consiste en la puesta en marcha de un entorno abierto de enseñanza, donde el participante adquiere la responsabilidad e implicación directa en la construcción de su conocimiento, aprende sobre ejemplos y problemas enfocados a la realidad del IFN y puede establecer cruces de respuestas con sus similares, enriqueciendo sus conocimientos.

12.7.7. Estrategia

La estrategia de capacitación propuesta consiste en el desarrollo de la capacitación por niveles de ejecución del IFN, es decir, nacional, regional y por área de supervisión, como se muestra en la Figura 35; de igual forma la intensidad de duración de esta en cada nivel.

La **capacitación nacional**, dirigida a coordinadores regionales y seccionales y a algunos funcionarios de las CAR. Los capacitadores son los profesionales del grupo técnico nacional y funcionarios del IDEAM, dentro del grupo de capacitadores existirá un especialista de cada área temática del IFN: marco geoestadístico y cartografía, dasometría, manejo de los dispositivos de captura, uso de equipos y hardware, operativos de campo-logística, y administrativo. Preferiblemente en la capacitación deben participar profesionales con experiencia docente o pedagógica para que orienten y optimicen el proceso de enseñanza-aprendizaje del IFN. En este nivel la capacitación se desarrolla en cuatro semanas; una para los conceptos técnicos, una y media para el trabajo de campo, una para los aspectos administrativos y operativos y media para la evaluación. Los temas teórico-conceptuales serán dictados en aula y los temas prácticos serán desarrollados directamente en el bosque.

La **capacitación regional** dirigida a las personas del grupo regional (Ing. sistemas e Ing. forestales auxiliares de coordinación) a los supervisores, a los jefes de brigada e ingenieros auxiliares de brigada y a los recolectores botánicos. Los capacitadores serán los coordinadores regionales, seccionales y los dendrólogos, así como algunos funcionarios del IDEAM y de las Car que participaron en el ejercicio nacional. En este nivel la capacitación se desarrolla en cuatro semanas; una para los conceptos técnicos, dos para el trabajo de campo, media para los aspectos administrativos y operativos y media para la evaluación. Los temas teórico-conceptuales serán dictados en aula y los temas prácticos serán desarrollados directamente en el bosque.

En el **nivel local** la capacitación se dicta en las áreas de supervisión por los jefes de brigada y esta dirigida a los baquianos de las brigadas. Tendrá una duración de una semana directamente en el bosque.

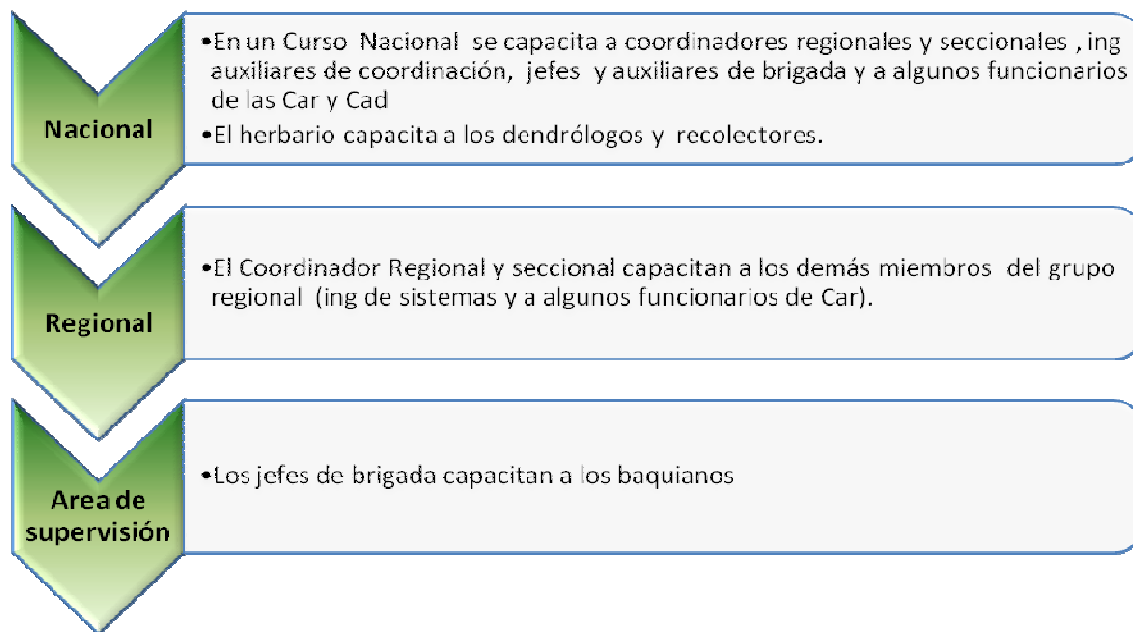


Figura 35. Estrategia de capacitación en los diferentes niveles de ejecución del IFN

• **Objetivo de la capacitación**

Lograr la apropiación de los conceptos, procesos muestrales estratégicos, estructura, y operatividad en cada uno de los grupo meta de la estructura orgánica del IFN para garantizar el desarrollo de un Inventario Forestal Nacional con calidad, cobertura y oportunidad.

12.7.8. Grupos meta y técnicas de capacitación

Los grupos meta identificados son:

- Coordinadores en los diferentes niveles (Nacional, Regional y seccional) y sus respectivos grupos de apoyo (Ing. auxiliares e Ing. de sistemas).
- Supervisores-críticos y dendrólogos.
- Profesionales de la brigada (jefes de brigada, auxiliares y recolectores).
- Baquianos de la brigada de campo.

La **técnica** de capacitación consiste en el desarrollo de sesiones de capacitación-formación bajo la metodología pedagógica del “aprender-haciendo” en el desarrollo de actividades de aula (aprender) y de práctica en el bosque (haciendo).

La capacitación nacional se desarrolla bajo la supervisión de la dirección nacional, en un sitio cercano a Bogotá; la capacitación regional se dicta de cada una de las sedes administrativas de las CAR; la capacitación por área de supervisión se dicta en las cabeceras municipales más cercanas a los sitios de muestreo. En el planteamiento anterior, existen una serie de conceptos que requieren ser analizados, construidos e implementados con anterioridad a la recolección, los cuales se constituyen en el eje central del desarrollo del Proyecto Inventario Forestal para Colombia. Estos conceptos son los siguientes:

- **Apropiación:** elemento fundamental de la capacitación que permite que cada uno de los individuos interiorice e identifique la importancia del rol que desempeña en la estructura del Proyecto del Inventario, para lograr las metas propuestas.
- **Procesos muéstrales estratégicos:** es el conjunto de actividades que se deben cumplir para el logro de un Inventario con calidad, cobertura y oportunidad de la forma más eficaz y eficiente de acuerdo con la planeación del Proyecto.

12.7.9. Estrategia para convocatoria y selección del personal a nivel regional y local

La estrategia consiste en la forma como se ha diseñado el proceso para la vinculación del personal que hace parte de la estructura orgánica regional y local del IFN.

Vinculación de coordinadores regionales y seccionales personal de la estructura regional: los profesionales que cumplieron y aprobaron los estándares más altos de calidad dictados en la capacitación serán contratados para la ejecución de funciones como coordinadores regionales y seccionales. Se vincularán por los menos seis meses con antelación al desarrollo del operativo de campo en su región y se encargarán de las convocatorias para la contratación de las brigadas de campo y de su equipo de apoyo regional.

Vinculación de personal regional y de la brigada de campo: La convocatoria será realizada por el coordinador regional y la Car respectiva; publicada en un medio masivo de comunicación y a través de la red internet. Para ello se convocará a los profesionales y técnicos, según perfiles que se definirán en su momento, para inscribirse y participar en el curso de capacitación. Quienes aprueben el curso con las más altas calificaciones desempeñarán funciones de grupo de apoyo a la coordinación, supervisores, ingenieros jefes de brigada e ingenieros auxiliares y recolectores. La vinculación se iniciará por el grupo de apoyo a la coordinación, quienes deberán estar vinculados por lo menos cuatro meses con antelación al operativo de campo. Posteriormente se vincularán los profesionales y técnicos de las brigadas de campo, quienes deberán estar vinculados por lo menos un mes con antelación al operativo de campo.

Vinculación de los baquianos: La convocatoria será realizada o por la coordinación regional o por los supervisores de área contando para ello con el apoyo de las Alcaldías municipales donde se desarrollarán los operativos de campo. La convocatoria se realizará a través de medios masivos de comunicación y de emisoras comunitarias. Se convocará para inscripción al curso de capacitación, que será dictado por los jefes de brigada e ingenieros auxiliares. Las personas que aprueben el curso serán vinculados como baquianos a las respectivas brigadas.

12.7.10. Instalación de las juntas o comités regional y municipal del IFN

Para garantizar el normal desarrollo del Inventario Forestal Nacional, se hace necesaria la creación de una junta o comité regional, de juntas departamentales y juntas municipales, como organismos de apoyo a toda la organización del inventario, encargadas de definir e implementar las medidas necesarias para apoyar las actividades preparatorias y de realización del inventario, desde las Instituciones y entidades que representa.

Para su conformación, se convoca a diferentes organismos del orden nacional, departamental y municipal, representantes de diferentes instituciones, entre los cuales cabe destacar: Ministros de Medio Ambiente, Agricultura, Educación, Protección Social, Transporte, Defensa; Director de INVIAS, Representante del DAS, Gobernadores, Alcaldes Municipales, Secretarios de Despacho de Gobierno, Delegados de las Secretarías de Educación, Salud, Gobierno, Planeación; Comandantes de las Bases Militares, Comandantes de Policía, la Defensa Civil de Colombia, la Cruz Roja Colombiana, representantes de las iglesias, representantes de la empresa privada, representantes de los medios de comunicación, rectores de las universidades y privados, representantes de las juntas de acción comunal, entre otros. La Junta Nacional será instalada y coordinada por el director del IDEAM, las juntas Departamentales por los directores de las CAR -CDS y las Municipales por los coordinadores seccionales CAR -CDS.

12.7.11. Planes de seguridad, comunicación, transporte y emergencias

Durante la fase preoperativa se debe diseñar y elaborar los planes de apoyo a la actividad muestral del IFN, indispensables para poder apoyar al personal de campo en el área municipal rural, para garantizar la seguridad e integridad del personal del operativo de campo y para dar seguridad al material muestral. Los principales planes son:

Plan de seguridad: su objetivo principal es diseñar estrategias y dispositivos, ejecutados por los organismos competentes, distritos de policía, en coordinación con las autoridades civiles y militares de los municipio y departamentos, para garantizar la seguridad y protección al personal que participa en los operativos de campo, para facilitar la circulación por los lugares de difícil acceso geográfico o de situación de orden público complicada. Dicho plan contempla las medidas pertinentes para salvaguardar tanto la integridad del personal de campo, como todos los datos, documentos muestrales, formatos, mapas, cartografía, equipos y otros elementos requeridos para el levantamiento de la información. La coordinación de estos operativos será una actividad armónica entre el nivel nacional y el regional a través del coordinador regional y entre éste y los supervisores y jefes de brigada, en el nivel regional y local.

Plan de emergencias médicas y contingencias: con este plan se busca, definir acciones de contingencia y apoyo operativo, previo análisis de los posibles riesgos y situaciones de emergencia que pudieran afectar el normal desarrollo de las jornadas muestrales en cada una de las regiones donde se ejecutará el IFN. Este plan forma parte del manual de seguridad industrial y salud ocupacional. Si bien este documento por ahora es conceptual, presenta importantes avances técnicos. El manual deberá ajustarse a los diferentes operativos de campo de acuerdo con la muestra seleccionada.

Las entidades y organismos participantes, coordinarán todas sus acciones en el periodo de recolección de datos de campo, a partir de la instalación de un puesto de mando unificado, que podrá ser instalado en el COL. Desde este sitio se canalizara el manejo de las emergencias a través de un representante de las diferentes instituciones y con la participación del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) como ente rector de todo el sistema. Los trabajos dentro del bosque natural presentan

riesgos para la salud de las personas que hacen parte de la brigada de campo, picaduras de insectos, mordedura de serpientes, enfermedades transmitidas por insectos (malaria, fiebre amarilla, leishmaniasis, etc.) entre otras, ante lo cual hay que tener una respuesta adecuada. Esta respuesta es lo que se busca que sea claro para cada región

Plan de comunicaciones: con este plan se diseña el sistema de comunicaciones que se tendrá antes, durante y después de los operativos de campo. Es especialmente necesario para la brigada y para los supervisores quienes deben disponer de apoyo telefónico móvil y local, radioteléfonos o fax para mantener comunicación permanente con el nivel regional y/o seccional, según corresponda. Este plan debe además establecer los mecanismos de comunicación con las autoridades civiles, militares y la defensa Civil.

Plan de transporte: pretende estructurar un plan para los desplazamientos rurales, antes, durante y posteriores al periodo de recolección, además el transporte requerido en el proceso de supervisión y control; de acuerdo con los recursos disponibles a nivel regional. Este plan incluye todos los tipos de transporte, aéreo, vial, acuático, marítimo y transporte de mula o caballo. Este plan debe ser diseñado durante la etapa preparatoria con base en el marco de muestreo y en la muestra seleccionada.

12.7.12. Planeación de los operativos de campo

• Actividades a nivel nacional

Una vez seleccionada la muestra desde el nivel nacional se prepara el material que ha de ser enviado a cada CAR. El material se prepara a nivel de área de supervisión dentro de cada jurisdicción CAR y se envía a los coordinadores regionales para que ellos distribuyan en material a los supervisores respectivos. Para esto se realizan las siguientes actividades preparatorias a nivel nacional para el operativo de campo:

- Preparación del marco geoestadístico de ejecución del IFN a nivel de área de supervisión para cada Car, lo cual incluye la preparación de la cartografía detallada para la localización de las UPM y USM seleccionadas (mapa general, mapa veredal y mapa de UPM), así como el diseño de los desplazamientos (rutas y medio de transporte) que requerirá cada brigada dentro del área de supervisión.
- Preparación de las fotografías aéreas e imágenes de satélite con las UPM y USM seleccionadas.
- Elaboración de los listados de UPM y USM para cada área de supervisión, con sus respectivos códigos.
- Preparación de los insumos, equipos y materiales: esta actividad incluye la compra de los elementos, la codificación de los mismos y su embalaje. Cada área de supervisión debe contar con un listado de elementos que le son entregados, tanto los fungibles como los no fungibles.
- Preparación de manuales y documentos de apoyo: incluye la impresión de todos los manuales requeridos para el operativo de campo.
- Preparación de los formatos de registro: incluye la impresión de los mismos y la asignación de los códigos de UPM y demás información prediligenciada para cada brigada.

- Preparación del material de socialización y divulgación con las comunidades
- Acopio, codificación y elaboración de listados de todo el material para cada área de supervisión por CAR.
- Embalaje y envío de todo el material a cada Coordinador regional.
- En el caso de las CAR, que tienen seccionales, desde el nivel central se enviará el material a dichas seccionales.

- **Actividades a nivel regional**

El coordinador regional se reunirá con los coordinadores seccionales y con los supervisores para analizar la planeación del operativo de campo, la contratación de personal de campo, la contratación del transporte, la captura y transmisión de datos, la relación con las poblaciones locales, la relación con la fuerza pública, las responsabilidades y comportamiento y el sistema de comunicación y reportes de formatos de seguimiento del operativo de campo y la solución de situaciones especiales.

Los coordinadores regionales y los supervisores realizarán contactos con las autoridades municipales con el fin de hacer una revisión del área de trabajo que le corresponde a cada uno de las brigadas, identificando los límites que la conforman, la topografía, vías de acceso y nivel de seguridad por problemas de orden público.

Los supervisores de área, en conjunto con los jefes de brigada harán un reconocimiento de su área de trabajo ó área de registro (AR) con base en la cartografía e imágenes que le sean entregados, con el fin de identificar los límites que la conforman y las subdivisiones en AS en su interior. La revisión del área de muestreo, también, permitirá conocer algunas características del área de trabajo, servirán para la organización del operativo muestral:

- Facilidades de acceso: vías por las cuales se puede llegar allí y existencia de transporte.
- Accidentes topográficos que impidan el paso de un lugar a otro, como, pantanos, lagunas, abismos, lomas o faldas empinadas. Esta información deberá ser consignada en la cartografía del AS para ser tenida en cuenta durante la jornada muestral.
- Condiciones de seguridad: algunas zonas pueden presentar problemas de seguridad para el personal del inventario forestal, por lo tanto, se debe solicitar apoyo de los líderes zonales y comunales y, eventualmente, la protección de la policía, para el periodo de levantamiento de datos en campo.
- Posible localización de campamentos y organización de la logística para el desplazamiento de supervisores y brigadistas.
- Selección y reconocimiento de los “puntos de encuentro” entre supervisores y jefes de brigada.

Realizado el ejercicio cada supervisor entregará al coordinador el formato de asignación de UPM el cual contiene los nombres de las brigadas para cada una de ellas y el periodo durante el cual desarrollarán el trabajo de campo. A su vez el coordinador actualizará el formato de asignación de AS y enviará al nivel central esta información.

Los supervisores y coordinadores revisaran el material muestral y equipos enviados a los COL desde el nivel central y organizarán los paquetes por cada brigada y área de supervisión, alistando en cada paquete los formatos, materiales, equipos y demás elementos para las brigadas.

Cada supervisor hará una verificación de su paquete y de los paquetes de las brigadas que le corresponden, y en los puntos de encuentro hará entrega del material a los jefes de brigada. Con esta actividad queda cada brigada lista para iniciar el operativo de campo.

12.8. Fase de operativo de campo del IFN

El operativo de campo, propiamente dicho, es la fase en la cual se registra la información directamente en los bosques y vegetación secundaria. Inicia cuando el jefe de brigada parte con equipo desde el COL o desde el punto de encuentro hacia la UPM, momento en el cual inicia el registro de información con el formato F1; y termina en campo una vez que la brigada ha culminado el proceso de recolección de información en el bosque de la última USM que le fue asignada, ha entregado toda la información, equipos, herramientas y demás al supervisor y éste le ha entregado el respectivo paz y salvo. En este momento el supervisor ha culminado el proceso de control de calidad y validación de la información y se dirige a su vez al coordinador regional para hacerle entrega del material respectivo; es decir, el operativo de campo formalmente termina cuando el supervisor entrega todo el material de sus brigadas al coordinador y recibe el paz y salvo respectivo por parte del coordinador regional.

12.8.1. Descripción

La actividad de recolección de información en los bosques esta a cargo de las brigadas forestales, quienes se desplazan hacia las USM y registran la información de los árboles durante el periodo de levantamiento de datos en campo. A cada equipo de trabajo se le asignará un área de recolección (AR) con una carga de USM de muestreo, las áreas de recolección están inmersas dentro de las áreas de supervisión (AS). Cada área de supervisión cuenta con tres brigadas (Figura 36).

El sistema de levantamiento de datos de campo será por barrido particionado, en el cual cada brigada el área de supervisión (AS) se divide en áreas de recolección (AR), es decir, áreas por brigada y cada área es barrida en el periodo de recolección definido. En este caso las brigadas solo se desplazan en sus áreas de recolección pero no en toda el área de supervisión. Puede sin embargo presentarse sistemas especiales de recolección en el cual el sistema de levantamiento de datos en campo obedece a situaciones particulares, por circunstancias de orden público, accesibilidad, aislamiento, aspectos socioculturales o factores climáticos. En esta situación se definirán rutas y esquemas de levantamiento de datos que no permiten el funcionamiento de esquemas formales, por lo tanto los tiempos, comunicación y permanencia en el bosque son distintos. Estos ajustes se realizaran durante la fase de preparación de los operativos de campo.



Figura 36. Ejemplo de asignación de AS y AR

12.8.2. Capacitación

Como se mencionó, ésta tiene como objetivo principal homogenizar los conceptos relacionados con el desarrollo del operativo de campo a nivel de la brigada, para ello el jefe de brigada destinará una semana en la capacitación, selección y asignación de roles a los baquianos. Una vez tenga conformada su brigada actualizará el formato de asignación de áreas y lo entregará al supervisor respectivo.

12.8.3. Coordinación con las autoridades municipales

El jefe de brigada realizará una reunión formal con las autoridades municipales para la presentación del personal de campo, informar sobre las áreas de estudio, tiempo de levantamiento de datos, contenido de los formatos, presentación del personal de la brigada y precisar el apoyo logístico. De ser necesario realizará nuevamente la sensibilización.

12.8.4. Actividades preparatorias de la brigada forestal

Una vez localizadas y reconocidas las AR las brigadas iniciarán su desplazamiento desde el centro poblado más cercano o desde el punto de encuentro hasta el sitio donde tiene previsto instalar el primer campamento. Así mismo, iniciarán el registro de la información en el formato F1: Aproximación a la UPM, en el cual se consigna la ruta del desplazamiento realizado.

Localizada la brigada en el sitio de campamento realizará las adecuaciones que estime convenientes de tal forma que la permanencia en el sitio sea lo más agradable y cómoda posible, e iniciará lo antes posible el desplazamiento hacia los sitios de

muestreo, es decir, las USM dentro del bosque con el fin de registrar la información, teniendo en cuenta el diseño de las parcelas de muestreo (Cuadro 23).

Cuadro 23. Especificaciones técnicas de las USM, UTM y UCM en el IFN

Tipo de Parcela	Dimensión parcela	Cantidad	Datos que se registran	Observaciones
USM Fustales	250 x 20 m (5000 m ²)	4 por UPM	Todos los árboles con DAP ≥ 10 cm	Se colectan ejemplares para identificación y se toman muestras de suelo. Se materializan cuadrantes de 10 x 10 m para el registro de información de fustales y como control de calidad.
UTM Latizales	20 x 10 m. (200 m ²)	3 por USM	Todos los árboles con DAP ≤ 9,9 cm y H ≥ 1,51 m)	Se localizan al interior de los cuadrantes de la USM. Se colecta material botánico para su identificación.
UCM Brinzales	5X2 m. (20 m ²)	4 por UTM ó 12 por USM	Todos los árboles con altura entre 0,31 y 1,50 m.	Se localizan al interior de cada una de las UTM.

USM: Unidad Secundaria de Muestreo. UTM: Unidad Terciaria de Muestreo. UCM: Unidad Cuarta de Muestreo

Antes de iniciar el recorrido el jefe de brigada realizará una reunión técnica con la brigada en la cual:

- Repasa los procedimientos de acuerdo con la capacitación.
- Revisa que cada miembro tenga claro su rol dentro de la brigada.
- Entrega insumos y equipos a cada brigadista.
- Revisar los equipos y los preparar para el registro de información.
- Prepara y alista los formatos para la colecta de información.
- Revisa la localización de las USM y define en conjunto con los baquianos la ruta de acceso a la misma.
- Define el horario de salida.

12.8.5. Toma de datos en las USM, UTM y UCM ³⁷

Los procedimientos técnicos, la definición de las variables y la forma en que se registra cada dato del IFN de Colombia se detallan en el manual técnico para el diligenciamiento del formato de registro, por consiguiente a continuación tan solo se explica el procedimiento general de la logística que cada brigada debe seguir para dicho diligenciamiento. Previo al inicio de la materialización de la USM y levantamiento de datos, se realiza el control de equipos por parte del jefe de brigada, es decir, se diligencia el formato **F10**. El primer paso consiste en materializar la USM, según procedimiento que se detalla en el manual técnico (Figura 37).

³⁷ Los procedimientos para el registro de cada variable y dato de las usm, utm y ucm, así como los instrumentos utilizados y las alternativas para las variables cualitativas se explican en el manual técnico de diligenciamiento.

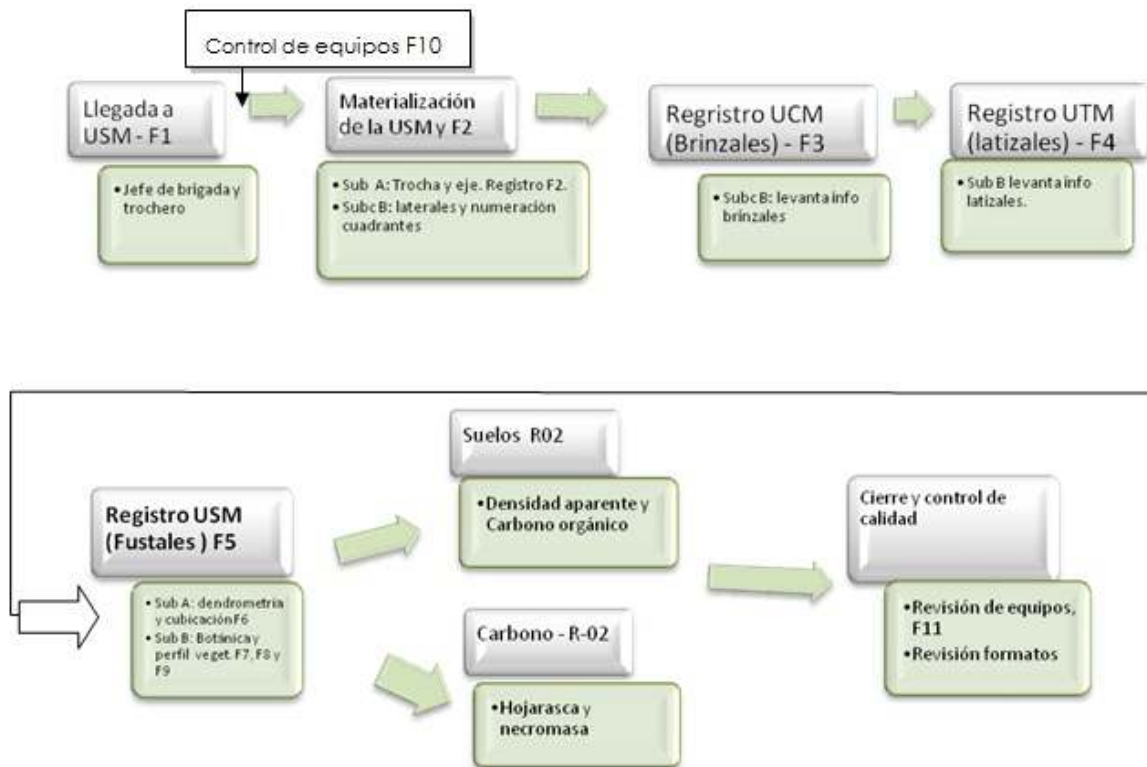


Figura 37. Flujo lógico de las actividades a desarrollar al interior de la USM

Operativamente la brigada se divide en dos sub-brigadas (A y B). La sub-brigada A está compuesta por el jefe de brigada y dos baquianos y la B por el Ing. Auxiliar, el colector y dos baquianos.

El proceso para el registro en la USM se inicia con los **datos de identificación** de la UPM y USM correspondientes, relacionados con: n° de UPM, fecha, car, departamento, municipio, vereda, bioma, ecosistema, msnm, según formato de registro **F1** (Ver **Anexo 3: Formatos de campo** y el Manual técnico) y se procede con el establecimiento de la parcela USM.

Materializada la USM el jefe de brigada diligencia el formato **F2** en el cual se consignan datos relacionados con el **tipo de cobertura**, el nivel de perturbación del bosque y el tipo de bosque y superficie de éste por cuadrante dentro de la USM, según Formato **F2**.

La medición y levantamiento de la información dendrométrica la realiza la brigada completa, pero con funciones separadas: la subbrigada B inicia el registro de la UTM y UCM (Latizales y brinzales, según el **F3 y F4**, respectivamente) y la sub-brigada A inicia el registro de los árboles en cada cuadrante de la USM (registro del fustal según el **F5**), **numera cada árbol** y en paralelo a medida que avanza registra la información de **cubicación**, según **F6**.

Al mismo tiempo la sub-brigada B inicia el proceso de recolección del material botánico (de fustales y latizales) bajo el liderazgo del recolector (diligencia el formato **F8**) y

realiza el levantamiento del perfil de vegetación (formato **F9**). En campamento el recolector registra el **F7** que relaciona el material que es enviado a herbario.

La sub-brigada que primero termine inicia el levantamiento de la información de hojarasca, necromasa, densidad aparente y carbono orgánico en el suelo (en este orden), diligencia el formato **R02**. Esta información no se registra en todas las UPM, para ello en el diseño estadístico se seleccionará una muestra representativa y tan solo en esas UPM se diligencia este formato.

A diario el jefe de brigada debe realizar el proceso de validación de la información, revisando los registros consignados por el Ing. auxiliar y por el recolector. Al finalizar cada USM el jefe de brigada realiza el control de calidad y la validación de toda la información registrada para ésta, de tal forma que se garanticen los estándares de calidad requeridos en la investigación. Para el desarrollo de este procedimiento el jefe de brigada debe seguir las instrucciones y procedimientos especificados en el manual de validación y crítica.

Actividades inmediatas a la llegada al campamento:

- Preparación del material botánico recolectado y elaboración del **listado de especies colectadas** (nombre, código, cantidad de ejemplares) según formato **F7**.
- Preparación del material de suelo recolectado, elaboración del listado de muestras, asignación de códigos a las muestras colectadas. Completar el formato **R02**.
- Migración de los datos de la parcela de la PDA al computador portátil.
- En caso de haber levantado información en papel, verificación del número de ejemplares, de los códigos y de la información de identificación de cada parcela y digitalización de datos en la PDA.
- El jefe de brigada diligenciará la **bitácora de campo**, con los datos del formato **F11**.

Al finalizar la jornada diaria y en el caso de diligenciamiento de información en los formatos de papel el jefe de brigada los recolectará todos y los dispondrá en un lugar seguro para su transporte final una vez culminadas todas las actividades de campo.

12.8.6. Visitas de supervisión

Durante el periodo de levantamiento de información cada brigada será visitada por el respectivo supervisor de área. La permanencia de éste profesional será de mínimo una semana en cada brigada. Se realizaran tantas visitas como se haya planeado en el preoperativo.

El principal objetivo de la visita de supervisión consiste en verificar que el proceso de levantamiento, registro y control de calidad de la información se estén realizando conforme a cómo se ha definido en el diseño del IFN. En consecuencia el supervisor revisara el desempeño de la brigada en cuanto a procedimientos, registros, etc. De cada visita elaborará un informe el cual será enviado al coordinador regional.

Las actividades específicas y los procedimientos de supervisión se detallan en el manual de funciones. Los supervisores recepcionarán el material diligenciado y las muestras colectadas por cada brigada en los puntos de encuentro preestablecidos durante la planeación del operativo de campo en las fechas indicadas en el plan de

trabajo de cada brigada. En estos sitios el supervisor realizará el proceso de control de calidad y diligenciará el formato de recepción de material por área de supervisión.

12.8.7. Recepción del material muestral y consolidación digital y manual de los datos

El coordinador esperará a cada supervisor en los puntos de encuentro o en los COL, recibirá los paquetes de las AS y revisará el contenido de los formatos y de los reportes de seguimiento.

Con los datos de estos formatos diligenciará los formatos propios de su área operativa, reporte USM NO MUESTREADOS POR AS y RESUMEN DE UPMA Y USM POR AS diligenciado, con el fin de realizar la consolidación manual de los datos preliminares de UPM muestreados y tener un resultado de las no muestreadas durante el periodo de recolección del Inventario. Realizará la consolidación de la información de los supervisores, que a vez corresponde al consolidado de las brigadas áreas de supervisión. En el evento que no se utilice las PDA si no formatos en papel, la brigada una vez salga de los bosques y ubicados en áreas seguras realizaran la captura de los mismos en los DMC y posteriormente transmitirán al computador de la coordinación regional.

12.9. Fase postmuestral posterior al periodo de recolección del IFN

Una vez que los supervisores han recibido los formatos de registro diligenciados inician la revisión de la totalidad de éstos. En esta revisión se confrontará la información de cada UPM con los listados por AS y se desarrollará el proceso de validación y crítica de información. Con los resultados de la revisión se detectará en primera medida las UPM que no pudieron ser muestreadas y las causas. Cada supervisor elaborará un consolidado de la información que paulatinamente va recibiendo de los jefes de brigada, y así mismo, la envía al COL.

12.9.1. Flujo del material botánico

La entrega de material botánico se realizará, debidamente alcoholizado y relacionado, en los puntos de encuentro. La entrega la realizará el recolector de cada brigada y lo recibirá el supervisor de área o el dendrólogo o el ingeniero auxiliar de coordinación. Los periodos de entrega de este material será de máximo cada dos semanas.

El material será transportado a los COL y relacionado por cada AS y por cada CAR y enviado como "material frágil" a los herbarios regionales para la determinación taxonómica, de acuerdo con el protocolo definido para tal actividad y detallado en el manual técnico. La responsabilidad por este envío y el seguimiento al mismo recae en el dendrólogo de cada regional, quien además velará por la calidad del transporte, llevará el control del material enviado y de las listas de determinación elaboradas por cada herbario, para su posterior ingreso a la base de datos. Este material estará perfectamente identificado lo cual permitirá su unión con la base de datos de la USM y del inventario forestal en general.

12.9.2. Posible realización de revisitas

Durante el periodo de realización del IFN en cada área de jurisdicción y con los consolidados parciales que envíen los coordinadores regionales al nivel central es

posible que se detecte que queden AS completas sin inventariar, porque se presente algún imprevisto (clima, derrumbes que impiden el acceso, orden público, etc.); en estos casos, estas áreas podrán ser objeto de revisitas cuya decisión será tomada por el nivel central y a través del coordinador regional se informará a supervisores y jefes de brigada. Estas revisitas tendrán por objeto completar la información de cada AS y mejorar la cobertura y calidad del IFN. Los criterios para decidir sobre la realización de las visitas deberán definirse de acuerdo con las causas por las cuales no se pudo realizar el IF en la región.

12.9.3. Validación y crítica del formato de registro

A medida que los supervisores de área vayan enviando información a los COL este pasará por el proceso final de validación y crítica de la información, así como por la revisión de la captura digital de la información en el software diseñado para tal fin, actividades que ejecutará el ingeniero auxiliar de coordinación y el ingeniero de sistemas, de tal forma que toda la información enviada al nivel central cuente ya con procesos de control de calidad y este disponible para su procesamiento y generación de indicadores. Tanto la validación como la crítica se desarrollarán de acuerdo con el manual diseñado para tal actividad.

12.9.4. Generación de indicadores

Una vez la base de datos vaya siendo alimentada en cada una de las regiones, se procederá al cálculo y estimación de los indicadores, tanto técnicos (superficie, diversidad (composición), biomasa (volumen), carbono) como estadísticos (error de muestreo) y de muestreo (cobertura). Este proceso se realizará utilizando el software que para el efecto se adquiera o se diseñe.

12.9.5. Publicación de resultados

Los resultados que paulatinamente vayan siendo obtenidos a nivel regional podrán ser publicados en el portal web del IDEAM y/o de las CAR, según criterios de decisión que tome el nivel central. La publicación de los resultados transitorios permitirá tranquilizar a las comunidades en cuanto a los cumplimientos por parte del proyecto, así mismo, permitirá ir conociendo la reacción de los investigadores ante los resultados mismos. Como publicación también puede considerarse emitir boletines informativos acerca del nivel de avance y porcentaje de cumplimiento y cobertura del IFN en las regiones.

12.10. Operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes

Para el levantamiento de datos en las UPM de muestreo ubicadas en territorios de las comunidades indígenas o afrodescendientes se realizará un operativo especial, el cual deberá diseñarse con el concurso de representantes de dichas comunidades (de acuerdo con los principios establecidos en la CPN, la Ley 99 de 1993 y la Ley 70 de 1993). En términos generales el operativo de campo en dichos territorios deberá tener en cuenta el siguiente procedimiento:

12.10.1. Mapificación

Se realizará la preparación de marco geoestadístico de las UPM de la muestra seleccionada que quedan al interior de territorios indígenas y de comunidades

afrodescendientes, con el fin de conocer que tipo de comunidades están asentadas en estos lugares, establecer los contactos respectivos, definir los requerimientos de personal, logística y levantar información clave en el diseño del IFN.

12.10.2. Diseño del operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes

El diseño del operativo de campo debe contar con la participación de representantes de dichas comunidades para ajustar procedimientos y establecer particularidades en el ejercicio. En el diseño de este operativo de campo se debe considerar:

- La vinculación de miembros de las comunidades indígenas y afrodescendientes en todos los procesos de campo y de procesamiento de información.
- La consideración de la estructura territorial propia de los territorios colectivos de comunidades afro e indígenas, es decir, los Consejos Comunitarios, los Consejos Mayores, los Cabildos y Resguardos, los Pueblos talanquera, entre otros; así como de la estructura orgánica de cada uno de ellos.
- Los recursos con que cuentan dichas comunidades, en relación a movilización, comunicación, alojamiento, entre otros.

El diseño del operativo de campo no debe variar sustantivamente del diseño general, es decir, se deben conservar las características inherentes a la investigación estadística, de tal forma que los aspectos estructurales (como tamaño de muestra, y recolección de la información) no se vean afectados; en tal sentido se consideraran los aspectos propios del preoperativo, operativo y post-operativo del resto del país.

El diseño de estos operativos de campo generara dos documentos específicos: operativo de campo en territorios indígenas, y operativo de campo en comunidades afrodescendientes. Estos documentos informarán los nombres de los representantes de las comunidades que intervinieron en su diseño así como las particularidades del mismo. En general para la preparación del operativo de campo en este tipo de comunidades se aconseja vincular profesionales del área social con el fin de realizar los procesos de socialización, divulgación, concertación y participación de las comunidades en los ajustes al diseño del IFN. Estos profesionales se incorporan al grupo de apoyo regional y en consecuencia estarán bajo la coordinación del Coordinador Regional y/o seccional, según sea el caso. Se vincularan por los menos seis meses con antelación al desarrollo del operativo de campo y su labor principal es realizar el trabajo social con las comunidades. Se recomienda en todos los casos vincular profesionales o técnicos sociales que provengan directamente de las comunidades, ya que ello garantiza un mayor nivel de confianza entre los pobladores.

12.10.3. Preoperativo en comunidades indígenas y afrodescendientes

El preoperativo en este tipo de comunidades tendrá una especial significación, ya que en esta etapa se desarrollan las siguientes actividades, las cuales son estratégicas para la continuidad del proceso en estos territorios.

- **Consulta**, con las autoridades indígenas y/o representantes de las comunidades afrodescendientes, sobre el operativo de campo diseñado previamente. Se deberá realizar una sensibilización especial e informar sobre el alcance preciso de la

información a obtener. Esta actividad es la más estratégica en la fase del preoperativo y requiere para ello la vinculación de profesionales de las ciencias sociales, preferiblemente pertenecientes a las comunidades indígenas y afrodescendientes, con quienes se diseñara la estrategia de sensibilización y las etapas previas que deben surtirse en el proceso. Esta estrategia de sensibilización deberá desarrollar con especial atención: la importancia del IFN, la utilidad de la información adquirida, la escala de publicación, el detalle de la información a publicar, el alcance y los objetivos generales y específicos del IFN. Puntualizará en concreto lo que SI pretende el IFN y lo que NO es el IFN. Esta consulta contará además con la participación de los funcionarios de la CAR y demás entidades del orden regional y local que se consideren pertinentes.

- **Consenso** en las actividades a desarrollar y precisión de los sitios a muestrear. Para lo cual se requiere preparar el material cartográfico necesario, así como la estrategia para la sensibilización de las comunidades para que se entienda el “objetivo” del IFN y no se de mala interpretación o presunciones falsas sobre los objetivos que se pretenden lograr.
- **Selección** de los miembros de las comunidades que participaran en las brigadas de campo. Esta actividad estará bajo la autonomía de las comunidades. Una vez seleccionados los miembros de la comunidad, éstos recibirán las capacitaciones y entrenamientos requeridos para el desarrollo de las funciones.
- **Revisión del material cartográfico y elaboración de cartografía social**, lo cual permitirá precisar las rutas y los movimientos de las brigadas de campo, los sitios probables para la instalación del COL y de los campamentos, con base en la cartografía social.
- **Logística**, para lo cual se contará en primera instancia, y si así lo define la comunidad indígena o afrodescendiente, la contratación de los botes, vehículos, semovientes, etc., pertenecientes a la comunidad, con el fin de apoyar la economía local. De igual forma se definirán los COL, los planes de comunicación con el CON, y demás información requerida para el óptimo desarrollo de los operativos de campo.

12.10.4. Operativo de campo en comunidades indígenas y afrodescendientes

Este deberá, en lo posible desarrollarse bajo el mismo esquema que en cualquier otro sitio del país, no se debe propiciar cambios en el esquema. La capacitación deberá desarrollarse principalmente de tipo presencial y permitirá la asignación de los roles dentro del equipo. Como parte del preoperativo se debe definir el valor del jornal de trabajo, ya que en estos territorios se presentan diferentes alternativas para el pago por las actividades desarrolladas (trueque, intercambio por productos que requiere la comunidad, entre otros); así como la forma de pago.

12.10.5. Post-operativo de campo

El post-operativo deberá incluir la participación de algunos miembros de las comunidades, por lo menos a nivel de procesamiento regional, esto con el fin de generar la confianza necesaria en las comunidades y garantizar con ello la tranquilidad debida para la continuidad del proceso general del IFN.

12.11. Control de calidad durante el operativo de campo

El control de calidad de la información debe pasar por la definición precisa de lo que entenderá por “errores o imprecisiones en los datos”, con el fin de entender qué constituye un error y que no lo es, así como las acciones que deben tomar en caso de encontrar errores o imprecisiones (Cuadro 24).

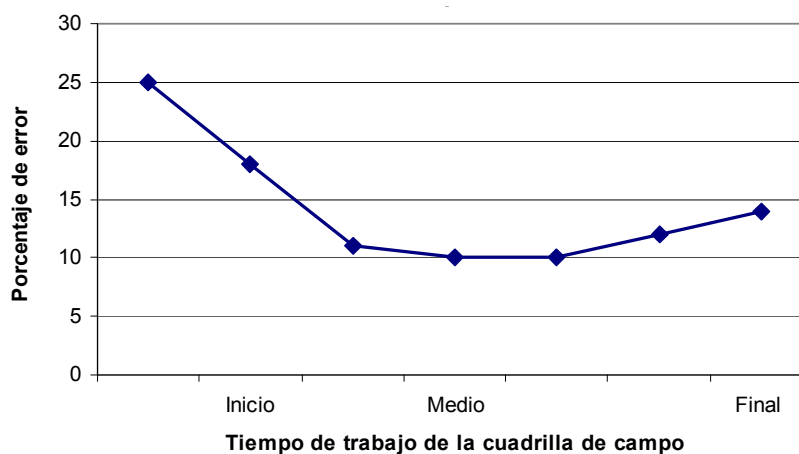
Cuadro 24. Errores frecuentes y opciones para su corrección en el trabajo de campo de las brigadas forestales.

Errores frecuentes	Opciones para su corrección
Incorrecta identificación de la UPM o de la parcela	Chequeo en el plano general de diseño
Incorrecta definición de la cobertura o del tipo de bosque en la USM	Consulta del manual técnico: definición de las unidades de cobertura de la tierra.
Distancias horizontales mal tomadas.	Tomar varias medidas. Utilizar instrumentos de precisión. Utilizar la tabla de corrección por pendientes
Distancias verticales mal tomadas.	Tomar varias medidas. Utilizar instrumentos de precisión.

En general el control de calidad durante el operativo de campo del IFN se estructura en varios niveles:

El primero y más básico ocurre al **interior de la brigada de campo**. Este control es ejercido por el **jefe de brigada**, quien deberá realizar a diario en cada USM una revisión permanente del proceso y un control de calidad de los datos colectados en el formato de registro.

Este nivel de control de calidad en primera instancia debe garantizar el registro de los datos con calidad, es decir cobertura total de las USM y registro de las mediciones de cada una de las variables definidas en el formato de registro, el uso adecuado de los equipos y materiales geográficos de acuerdo a los manuales diseñados, en este nivel es fundamental el logro de altos estándares de calidad estadística del IFN, los cuales se reflejaran en el segundo nivel de control de calidad. Se debe tener en cuenta que en la medida que la brigada se especializa los errores disminuyen, sin embargo, a medida que se adquiere confianza en el proceso los errores vuelven a incrementarse como se muestra en la Figura 38.



Fuente: Alonso, 1975. Montenegro *et ál.* 2003.

Figura 38. Estimación del porcentaje de error en una cuadrilla de campo

En lo posible es conveniente que se haga un intercambio de jefes de brigada para que un miembro ajeno al grupo realice una visita de control de calidad, esto contribuye a una mayor neutralidad en el proceso y a la detección oportuna de errores o inconsistencias en la información; sin embargo, la revisión será realizada por el supervisor de área en la visita que realice a cada jefe de brigada. Esta revisión de campo debe particularmente concentrarse en:

- Revisión de la numeración y codificación de los formatos de campo.
- Un chequeo de las distancias horizontales entre los jalones principales de la parcela de muestreo. Se seleccionará una USM al azar dentro de la UPM.
- El chequeo de un diez por ciento (10%) de la altura total y del fuste de los árboles en por lo menos 4 cuadrantes de la USM seleccionada.
- Revisión de la consistencia de los datos sobre DAP vs altura de los fustales.
- Revisión del 10% de los DAP de mayor valor en la USM seleccionada.

Los datos sobre porcentajes de revisión deberán definirse con mayor precisión por el Estadístico del grupo técnico del IFN. Los procedimientos para las visitas y los formatos específicos para ello deberán diseñarse en una etapa posterior.

Una vez realizada la visita de supervisión, el supervisor deberá comparar sus datos con los datos originales y obtener las conclusiones respectivas. Dichas conclusiones deberán ser registradas en un formato especial y comunicadas por escrito al jefe de brigada con el fin de tomar las medidas correctivas necesarias.

El **segundo** nivel del control de calidad es el realizado por los **supervisores**. El supervisor realizará una “visita de control procedimental” aleatoria a cada una de las brigadas de campo dentro de su AS con el fin de realizar un chequeo principalmente a los procedimientos para la toma de registros.

Cada supervisor estimará la conveniencia o no de repetir muestreos, o de rotar o cambiar el personal de las brigadas de campo, o en su defecto realizar una nueva capacitación en los procedimientos; estas decisiones deberán ser consultadas con el coordinador regional y tomadas en consenso.

El **tercer nivel** se refiere al **Coordinador regional**, quien realizará una evaluación con los supervisores sobre el origen de los errores y la manera para corregirlos. Elaborará un informe detallado del tipo de errores que se presentan en campo e informará al coordinador de la Car sobre la ocurrencia de los mismos; el nivel de compromiso de la información recopilada en términos de calidad y confiabilidad de la misma. Además del control sobre el tipo de errores, el coordinador regional realizará el control de calidad frente al diligenciamiento del formato de registro, el avance del proceso de campo y de la transferencia de información, para lo cual se apoyará en su ingeniero auxiliar y en el ingeniero de sistemas.

El **cuarto nivel** lo desarrolla el **Coordinador Regional de la Car** quien se basa en la información suministrada por los coordinadores regionales técnicos. En este nivel el control de calidad hace referencia principalmente a la recepción del material, el desarrollo general del operativo de campo, el control logístico, entre otros.

Otro nivel de control de calidad corresponde a un equipo distinto al equipo del operativo de campo, en lo que se ha llamado “equipo auditor externo” coordinado directamente por el IDEAM. Esta actividad de especial importancia de la investigación se realizará con personal distinto al del operativo de campo y depende directamente del IDEAM, sus reportes serán enviados directamente al nivel nacional. Su trabajo se coordinará con el nivel regional pero no dependerá ni administrativa ni técnicamente de las CAR – CDS.

Este grupo auditor de campo ingresará a campo a un tiempo prudencial de iniciado el operativo de campo en cada una de las regiones, el número de brigadas por las CAR del grupo auditor dependerá del tamaño de la muestra; los tamaños a revisar estarán por debajo del 0,001 %. El esquema de trabajo variará de acuerdo a las condiciones especiales de las áreas de trabajo y al cronograma de actividades definidas en el operativo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

Benessalah, D. 1988. Manual on Mapping and Inventory of Mangroves. FAO. Roma, Italia. 123 p.

Boon, D.1966. Forest Inventory.

Carantón; P.1990. El Uso de Mapas y Fotografías Aéreas. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Bogotá, Segunda Edición. 170 p.

CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACIÓN (CIAF). 1977. Levantamientos Forestales en zonas tropicales. Bogotá Colombia. 188 p.

Cortes, A. 1972. Metodología en la Realización del Inventario Nacional forestal. Bogotá, Colombia.

CONIF, 1977. El bosque natural y artificial. Reunión del Consejo Consultivo de CONIF. 1ª Villa de Leyva, 13 al 15 de octubre de 1976. Serie técnica No. 3. Villa de Leyva, Boyacá. 125 p.

DANE - MADR, 2005. Encuesta Nacional Agropecuaria, Resultados 2005. Santafé de Bogotá, Colombia.

_____, 2003-2004. Censo de Plantaciones Forestales Comerciales de Antioquia. Colombia.

_____. 2001. Encuesta Nacional Agropecuaria. Manual del encuestador. Santa fe de Bogotá. Colombia.

_____, 2001. Encuesta Nacional Agropecuaria. Manual del Supervisor de Campo. Santa fe de Bogotá. Colombia.

_____.2001 Encuesta Nacional Agropecuaria. Manual del Crítico Codificador. Santa fe de Bogotá. Colombia.

_____, 2001. Encuesta Nacional Agropecuaria. Manual de Uso de la cartografía y Aerofotografía. Santa fe de Bogotá, Colombia.

_____, 2001. Encuesta Nacional Agropecuaria. Manual de Logística. Santa fe de Bogotá, Colombia.

_____ 2003. Censo de plantaciones forestales en el departamento de Antioquia. Minagric – DANE- CORNARE, CORANTIOQUIA y CORPOURABA. Bogotá, Colombia.

Deagostini, D. 1971. Fotografías Aéreas y Planeación de Vuelos. Centro Interamericano de Fotointerpretación -CIAF-. Bogotá, CO.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. 1988. Plan Indicativo Industria Maderera. Industria del Aserradero. Plan de Acción Forestal para Colombia. 33 p.

_____. Plan Acción Forestal para Colombia. Proyecto No. 11 Dendroenergía. Santa fe de Bogotá.

_____. Plan de Acción Forestal para Colombia (PAFC), Los Bosques Naturales y Plantados en Colombia, Posibilidades Comerciales de Nuevas Especies Maderables, Departamento Nacional de planeación, República de Colombia, Santafé de Bogotá D.C.

_____. Plan indicativo industria de la madera. Industria del Mueble de Madera. Plan de Acción Forestal para Colombia. 33p.

Deagostini, R; Molina, L; Sicco, S. Tabla de Volumen con Factor Forma Balanceado para Cativo (Priora copaifera) Región Río León. Departamento de Antioquia. CIAF. Bogotá, Colombia.

Etter, A. 1994. Consideraciones generales para el análisis de la cobertura vegetal. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Memoria del Primer Taller sobre Coberturas Vegetales, Clasificación y Cartografía. Bogotá, Colombia.

FAO. 1980. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Vol. 1. Estimación del Volumen. Estudio FAO: MONTES. Roma, Italia 92p. 1980.

FAO, 1961 -1964. Inventario Forestal Nacional de México. Roma, Italia.

FAO, 1974. Manual de Inventario Forestal con Especial Referencia a los Bosques Mixtos Tropicales. Roma, Italia. 195 p.

FAO, 2004. Actualización de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Términos y Definiciones. Roma, Italia. 36 p.

Frey, R. 1967. Forest Inventory Manual. Techniques and Procedores for Colombia. Interamerican Geodetic Survey. IGAC. Bogotá, Colombia.

Gentry, A. 1989. Diversidad Florística y Fitogeografía de la Amazonia. En: Memorias del simposio Internacional: Investigación y Manejo de la Amazonia. INDERENA. Bogotá. P. 65 – 70.

Holdridge, R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA, 2a reimpresión. San José, Costa Rica. 159 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. 1996. Mapa de Coberturas vegetales, uso y ocupación del espacio en Colombia. Bogotá, Colombia.

_____. 2002. Datos del Sistema Estadístico Forestal de Colombia, SEFC. Bogotá, Colombia.

_____. 2004. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia. Bogotá, Colombia. 256 p.

IGAC, INDERENA y CONIF. 1984. Bosques de Colombia. Bogotá.

IGAC y CORPOICA (1996). Cobertura y Uso Actual de las Tierras en Colombia. Bogotá, 87 p.

IGAC y CORPOICA (1987). Cobertura y Uso Actual de las Tierras en Colombia. Bogotá, 97 p.

INDERENA, 1989. Compilación de Tablas de Volumen para Arboles en Pie. Ministerio de Agricultura. Subgerencia de bosques y Aguas. Bogotá, Colombia.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. 1987. " Manual de Cartografía" Sistema Estadístico Agropecuario Nacional -SEAN. Encuesta de Superficie y Producción. Quito - Ecuador.

IAVH, 2005. Métodos para Estudios Ecológicos a largo Plazo. Establecimiento de Parcelas Permanentes en Bosques de Colombia. Bogotá, Colombia. 309 p.

INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, SINCHI – MAVDT. 2000. Plantas Útiles de la Amazonia Colombiana. Departamento del Amazonas. Perspectivas de los Productos Forestales No Maderables. Bogotá, Colombia. 133 p.

James, R; Roy, H. 1987. Introducción a la Topografía. Serie Schaum. (Edición en español: Libros McGraw-Hill de México, S.A. de C.V.).

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1981. Descripción general y anatómica de las maderas del grupo andino. Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. Lima, Perú.

MIGUEL DIEGO & DE LA ZERDA SUSANA. 1994. Gran Libro de los Parques Nacionales de Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia.

MINAMBIENTE, ACOFORE y OIMT, 2002. Guías Técnicas para el Ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales. Bogotá, Colombia. Proyecto Aplicación y Evaluación de Criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques naturales Pd. 8/97 Rev. 2. 142 p.

MINAMBIENTE-DNP, 1996. Política de bosques, Santa fé de Bogotá, 35 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 1988. Manual del encuestador. Primera Encuesta Nacional Agropecuaria. Santa fe de Bogotá.

_____. 2003. Característica y Estructura del Sector Forestal Madera – Muebles en Colombia. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de Trabajo No. 24. Bogotá, Colombia. 34 p.

_____. 1990. Primera Encuesta Nacional Agropecuaria. Resultados nacionales y 23 departamentos. Santafé de Bogotá, Colombia.

_____. 1986. Manual para la Construcción del Marco de Muestreo de Áreas y Selección de la Muestra. Sistema de Estadísticas Agropecuarias por Muestreo (SEAM). Bogotá, Colombia.

MADR, MINAMBIENTE, MINCOMERCIO, MINDESARROLLO, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. 2000, Plan nacional de desarrollo forestal. Santa fé de Bogotá. 74 p.

MAHECHA VEGA GILBERTO, 1997. Fundamentos y Metodología para la Identificación de Plantas. Proyecto Biopacífico, Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA, 2006. Tercer Inventario Forestal Nacional 1997 – 2006. Madrid, España. 312 p.

Molina, M. 1974. Inventario Forestal. IGAC. Bogotá, Colombia.

Murillo, F. 1988. Ejercicios Prácticos de Fotogrametría Elemental. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.

Pérez, J; Prieto, B; Quimbayo, R; Parada, E; Ramírez, E. 2003. Manual del Censista Forestal. Prueba piloto en el departamento de Antioquia. Santafé de Bogotá. 96 p.

Pérez, J. 2003. Propuesta metodológica para la realización de censo de plantaciones forestales. Prueba piloto en el departamento de Antioquia. Santafé de Bogotá. 56 p.

_____. 2004. Propuesta metodológica para la realización de censo de plantaciones forestales en el área de jurisdicción de la CVS. DANE-CVS, Bogotá. 56 p.

_____. 2003. Propuesta Metodológica para la Construcción del Marco Geoestadístico Nacional Único de Colombia. DANE. Bogotá. 165 p.

_____. 2005. Diseño y Ejecución de la Prueba Piloto del Censo del Árbol Urbano en la ciudad de Bogotá. DANE - JARDÍN BOTÁNICO. Bogotá. 75 p.

Pintor, R; Moreno, N; Duarte, G; 1970. Inventario Forestal General del Valle del Río San Juan (departamento del Choco). IGAC, Bogotá, Colombia.

Robert, F. e IGAC, 1966. Manual de Inventario de Bosques, técnicas y procedimientos para Colombia. Bogota, Colombia.

Robert, F. e INTERAMERICAN GEODETIC SURVEY, 1966. Forest Inventory. Manual Techiques and Procedures for Colombia.

Rojas, A. 1977. Dasometría Práctica. Universidad del Tolima, Ibagué. 140 p.

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. 2001. Facultad de ingeniería Forestal. Departamento Forestal. Apuntes de dendrologia. Ibagué, Tolima.

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. 2001. Facultad de ingeniería Forestal. Departamento Forestal. Apuntes de Inventario Forestal. Ibagué, Tolima. 2001.

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. 2002. Facultad de ingeniería Forestal. Departamento de protección y sanidad vegetal. Anatomía de la madera de algunas familias tropicales. Ibagué, Tolima.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 1995. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Dasometría, Algunas Aproximaciones Estadísticas a la Medición Forestal. Medellín, Antioquia 401p.

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. 2001. Facultad de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Departamento Forestal. Apuntes de Inventario Forestal. Bogotá.

Villegas, V; Pinto, A. 1967. Inventario Forestal Nacional en el Norte del departamento del Choco: Municipios de Acandí, Jurado, Río Sucio. IGAC. Bogotá, Colombia.