



## Metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004 – 2009

## Contenido

PLANEACIÓN Y CONTROL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE SUELOS.....	4
Objetivo general del INFyS.....	4
Objetivos específicos del INFyS.....	4
ESTRATEGIA GENERAL DEL INFyS.....	5
Estándar del sistema de clasificación.....	5
Cobertura espacial, temporal.....	5
Levantamiento de información.....	5
Sistema de información para la integración de datos del INFyS.....	5
Control de calidad.....	6
DISEÑO CONCEPTUAL.....	6
Variables dentro del muestreo.....	6
Malla de muestreo.....	6
Sistema de clasificación de la vegetación.....	7
DISEÑO DE LA MUESTRA.....	7
Descripción del muestreo en campo.....	7
Estrategia de muestreo.....	8
DISEÑO DE LA CAPTACIÓN.....	9
Diseño de las unidades de muestreo.....	10
Variables del diseño de la encuesta.....	11
DISEÑO DEL PROCESAMIENTO.....	16
EJECUCIÓN DE LA CAPTACIÓN.....	16
Organización del trabajo de campo.....	16
Constitución de las brigadas de campo.....	16
EJECUCIÓN DEL PROCESAMIENTO.....	17
Captación de datos.....	17
Base de datos.....	17
Estimación de los parámetros.....	18

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	18
Informe del proyecto .....	18
Representación espacial.....	18

## PLANEACIÓN Y CONTROL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE SUELOS.

Durante el 2004, el grupo de trabajo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), integrado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); Instituto Nacional de Ecología (INE); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), realizaron una serie de ejercicios encaminados a definir las escalas de trabajo de los diferentes componentes del Inventario, el tipo de información de percepción remota y los procedimientos para el análisis digital, la clasificación de los tipos de vegetación forestal y el esquema nacional de muestreo forestal que se utiliza en campo: características específicas de las unidades de muestreo, variables, métodos de medición, recursos logísticos y materiales necesarios para el muestreo.

### Objetivo general del INFyS.

Contar con información cartográfica y estadística de los suelos y ecosistemas forestales del país para apoyar la política nacional de desarrollo forestal sustentable e impulsar las actividades del sector con información de calidad.

### Objetivos específicos del INFyS.

Quantificar los recursos forestales del país, en cuanto a extensión, ubicación y volumen de madera.

- Estimar la dinámica de cambio de la vegetación forestal.
- Presentar los tipos de vegetación forestal y de suelos.
- Presentar diversos indicadores obtenidos en campo de la condición y/o degradación de los ecosistemas.
- Diseñar y ejecutar el muestreo dasonómico del país de acuerdo con los objetivos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos y hacerlo de tal manera que sirva de apoyo a los inventarios estatales.
- Promover inventarios forestales estatales y coadyuvar metodológica y técnicamente para su realización e integración a nivel nacional.

## **ESTRATEGIA GENERAL DEL INFyS**

### **Estándar del sistema de clasificación.**

Los tipos de vegetación considerados en el Inventario Nacional Forestal y de suelos, corresponde al sistema conceptual de la Serie III de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, el cual considera ecosistemas y tipos de vegetación para la representación geográfica a distintas escalas. Todas las clasificaciones de vegetación forestal, no forestal y otros usos del suelo están basadas y son consistentes con al menos los niveles superiores de dicha clasificación.

### **Cobertura espacial, temporal.**

Para poder hacer estimaciones anuales o del periodo que se requiera, es indispensable tener la cobertura espacial completa del territorio, por tal motivo, el Inventario se actualiza cada cinco años con una cobertura nacional.

### **Levantamiento de información.**

La CONAFOR es la responsable del levantamiento de información en campo, por lo que se contratan empresas de servicios externos. La CONAFOR diseña las especificaciones técnicas bajo las cuales se contratan dichas empresas. La homologación de criterios de levantamientos de datos en campo es una responsabilidad compartida entre las empresas y la CONAFOR por lo que se establecen talleres regionales y locales con los siguientes temas:

- Actualización para el uso de sistemas de clasificación (INEGI).
- Establecimiento de procedimientos, manuales y documentos de soporte.
- Normalización de criterios.

### **Sistema de información para la integración de datos del INFyS.**

Debido a la cantidad de datos levantados en campo, se utiliza un sistema de administración de bases de datos relacionales de Microsoft SQL Server donde se concentra, gestiona y almacena, en un servidor central, la base de datos del INFyS, para su administración.

## Control de calidad

Para respaldar la calidad y asegurar la confiabilidad del Inventario, se desarrolla un programa que incluye entre otros aspectos: la capacitación del personal, la normalización de criterios, la verificación de la toma de datos en campo, la validación de la congruencia de los datos captados y de la información generada. La capacitación y estandarización de criterios al personal encargado de la toma de datos en campo se realiza a través de talleres. Para supervisar la toma de datos se realiza una verificación en campo del 5% del total de conglomerados.

En la captura y análisis de la información se establecen mecanismos que aseguren que los datos captados y los resultados obtenidos cumplen con los estándares establecidos.

## DISEÑO CONCEPTUAL

### Variables dentro del muestreo

En respuesta a las necesidades nacionales de información y considerando las restricciones de tiempo y recursos se determinaron como prioritarias las siguientes variables para el muestreo del inventario nacional forestal:

- Volumen maderable
- Incremento promedio de madera anual
- Biomasa aérea
- Evaluación de daños al ecosistema
- Indicadores sobre el estado del suelo
- Información sobre epífitas (líquenes, musgos, orquídeas, helechos), hongos o elementos vegetales que pueden servir como indicadores sobre el estado del ecosistema.

### Malla de muestreo

Para optimizar el muestreo sistemático se estratificó en tres densidades de muestro: 5x5, 10x10 y 20x20 km, en función correspondiendo cada una de las tres mallas a distintas clases de vegetación

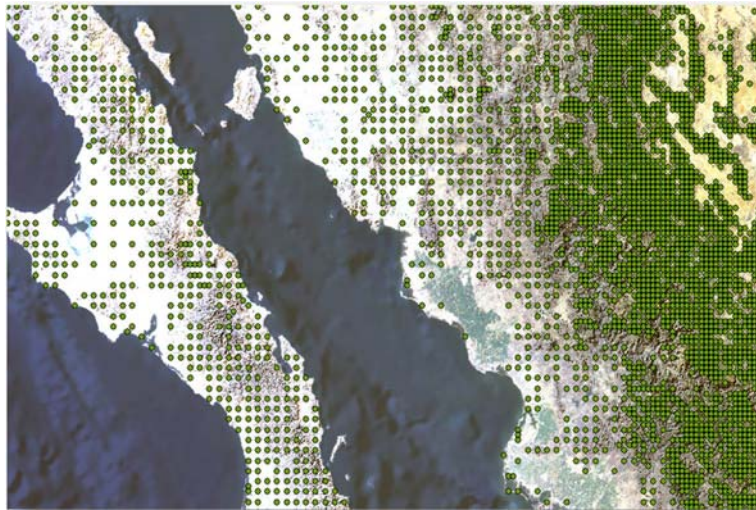


Ilustración 1 Malla de muestreo para el levantamiento en campo de los conglomerados

### **Sistema de clasificación de la vegetación**

El sistema de clasificación de la vegetación que se utiliza en el INFyS, corresponde al establecido en la Carta de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 de la Serie III del INEGI, que es el resultado del trabajo de Jerzy Rzedowski (1978), Faustino Miranda y Efraín Hernández Xolocotzi (1963), conjuntados y complementados por el INEGI. Este sistema de clasificación de la vegetación es aceptado a nivel nacional y tiene la gran ventaja de incluir, de forma muy adecuada, todas las condiciones de la vegetación presentes en el territorio nacional, con la posibilidad de desagregar las comunidades vegetales.

## **DISEÑO DE LA MUESTRA**

### **Descripción del muestreo en campo.**

El diseño del muestreo dasonómico es sistemático estratificado por conglomerados en dos etapas, con la finalidad de contar con elementos estadísticos que permitan estimar la confiabilidad del inventario e intensificar el muestreo en las zonas con mayor dinámica de cambio y con las estructuras vegetativas más complejas.



### Estrategia de muestreo.

- Para el diseño de muestreo y la distribución de los conglomerados se ha dividido el país en regiones cuadrangulares (5 X 5 kilómetros), estrategia que nos permite obtener una distribución espacial, regular y consistente del total de los conglomerados sobre el territorio nacional, así como, manejar la temporalidad del muestreo fijado para la etapa del muestreo de campo. La base de la estratificación es la carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III a escala 1:250 000 elaborada por el INEGI, donde la intensidad de muestreo está en función de las diferentes condiciones de las comunidades vegetales del país, la variabilidad estadística y su importancia forestal:
- 5 x 5 km.- En bosque de coníferas, coníferas- latifoliadas, latifoliadas y bosque mesófilo, así como selvas altas y medianas y manglares.
- 10 x 10 km.- En bosque bajo abierto, selvas bajas, matorral subtropical y vegetación semiárida.
- 20 x 20 km.- En vegetación de zonas áridas

**Tabla 1 Número de conglomerados planeados por tipo de vegetación**

Malla de Puntos	Grupo	Tipo de Vegetación	No. de puntos por tipo de vegetación	Total de puntos por grupo	Total por Malla	
5 x 5	Bosque	B- de Ayarín	6	13,552	20,255	
		B. de cedro	1			
		B. de encino	4,530			
		B. de encino – pino	1,736			
			B. de Oyamel	68		
			B. de Pino	2,998		
			B. de pino – encino	3,466		
			B. mesófilo	737		
	Galería		Bosque de Galería	6		67
			Selva de Galería Vegetación de Galería	1 60		
	Manglar		Manglar	341		341
	Palmar		Palmar inducido	40		41
Palmar natural			4			
Selva alta mediana		Péten	21	6,251		
		Selva alta perennifolia	1,511			
		Selva alta superenifolia	76			
		Selva mediana caducifolia	438			
		Selva mediana subcaducifolia Selva mediana subperennifolia	1,864 2,341			



10 x 10	Comunidades semiáridas	Bosque de táscate	39	3,325	5,265
		Chaparral	193		
		Matorral espinoso tamaulipeco	331		
		Matorral sarcocaulé	542		
		Matorral sarcocrasicaule	225		
		Matorral sarcocrasicaule de neblina	57		
		Matorral submontano	285		
		Matorral subtropical	127		
		Mezquital (espinoso)	4		
		Mezquital (otros tipos)	30		
		Mezquital xerófilo	257		
		Pastizal gipsófilo	3		
		Pastizal halófilo	173		
		Pastizal natural	1,058		
	Pradera de alta montaña	1			
Selva baja	Sabana	31	1,799		
	Sabanoide	11			
	Selva baja caducifolia	1,511			
	Selva baja espinosa	61			
	Selva baja perennifolia	2			
	Selva baja subcaducifolia	7			
	Selva baja subperennifolia	90			
Subacuática	Popal	17	161		
	Tular	94			
	Vegetación halófila (hidrófila)	50			
20 x 20	Comunidades áridas	Matorral crasicaulíe	32	985	985
		Matorral desértico necrófilo	544		
		Matorral desértico rosetófilo	259		
		Matorral rosetófilo costero	15		
		Vegetación de desiertos arenosos	57		
		Vegetación de dunas costeras	4		
		Vegetación gipsófila	1		
		Vegetación halófila (xerófila)	73		

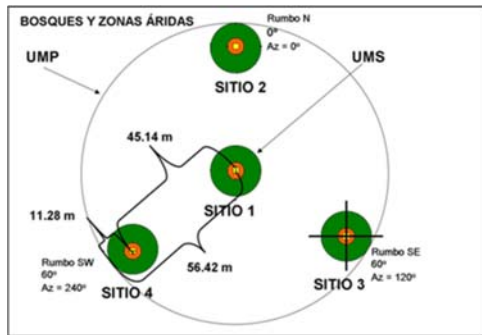
## DISEÑO DE LA CAPTACIÓN

La CONAFOR ha elaborado manuales y formatos de campo que instruyen la manera en que se deben levantar los datos, además de que proporciona capacitación directa a los brigadistas, lo que permite enfatizar y puntualizar sobre conceptos, interpretaciones y cualquier duda que el personal de campo tenga con respecto a las metodologías a utilizar, ver *Manual y procedimientos para el muestreo en campo*

### Diseño de las unidades de muestreo.

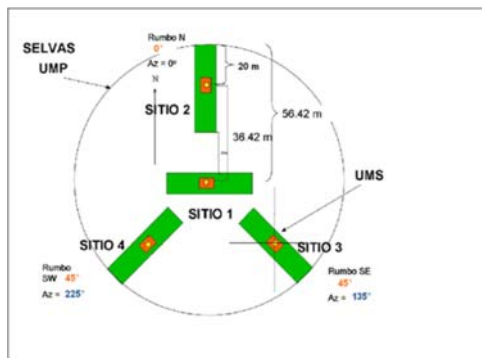
El muestreo en campo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004 - 2009, consiste en la distribución de puntos de acuerdo a las diferentes condiciones de vegetación presentes en el país, es decir, en ecosistemas de bosques templados, selvas, zonas áridas y semiáridas, palmares, manglares y comunidades hidrófilas.

El tipo del conglomerado en todos los tipos de vegetación corresponde a una “Y invertida”, variando la forma de las unidades de muestreo secundarias, rectangular para el caso de las selvas, mientras que para los demás tipos de vegetación es de forma circular; el área es la misma para ambos diseños de las parcelas.



	Sitio de 400m <sup>2</sup> (Radio = 11.28m) para medir árboles con diámetro mayor de 7.5cm.
	Subsitio de 12.56m <sup>2</sup> (Radio = 2m) para registrar renuevo: elementos con DN < 7.5cm y altura >= 25cm.
	Subsitio de 1m <sup>2</sup> (L = 1m) registro de hierbas helechos, musgos y líquenes.
+	Transectos de muestreo de 15 m registro de información de combustibles forestales.

**Ilustración 2** Forma de la unidad de muestreo para bosques, comunidades áridas, comunidades semiáridas y palmares



	Sitio de 400m <sup>2</sup> (40 x 10m). Para medir árboles con diámetro mayor de 7.5cm.
	Subsitio de 12.56m <sup>2</sup> (3.54 x 3.54m). Para registrar renuevo: elementos con DN < 7.5cm y altura >= 25cm (No se registra información de suelos).
	Subsitio de 1m <sup>2</sup> (L = 1m). Para registro de hierbas, helechos, musgos y líquenes.
+	Transectos de muestreo de 15 m registro de información de combustibles forestales.

**Ilustración 3** forma de la unidad de muestreo para selvas altas, medianas y bajas; petén; selva de galería; manglar; popal; tular y vegetación halófila-hidrófila

La unidad de muestreo primaria (UMP) es un conglomerado integrado por 4 unidades secundarias circulares (UMS) de 400 m<sup>2</sup> cada una y éstas a su vez tienen subsitios de muestreo y transectos de medición como se muestra a continuación:

- a) En el sitio de 400 m<sup>2</sup> (radio = 11.28 m) se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal (DAP) a la altura de 1.3 m sobre la superficie del suelo, sea igual o mayor a 7.5cm.
- b) En el subsitio de 12.56 m<sup>2</sup>, se mide y registra por género, la frecuencia y algunas variables cualitativas del repoblado (regeneración natural), cuyas plantas o árboles pequeños tengan como mínimo 25 cm de altura, hasta la altura que alcancen, siempre que su diámetro normal sea menor a 7.5 cm. Así mismo, se registran los arbustos representativos de comunidades áridas y semiáridas, e incluso especies invasoras y de pastos nativos o inducidos.
- c) En el subsitio de 1m<sup>2</sup>, se medirán y consignarán las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes y otras características de la superficie del suelo presentes en el substrato.

### **Variables del diseño de la Muestra.**

Dada la gran diversidad de características presentes en las coberturas vegetales a nivel nacional, se toma en cuenta variables cualitativas y cuantitativas a nivel de sitio, arbolado adulto, renuevo, vegetación herbácea y suelo.

**Tabla 2 Variables a levantar en campo sobre la ubicación de los conglomerados.**

<b>Ubicación del conglomerado (UPM)</b>	
Información del conglomerado (UPM)	No de conglomerado
	Fecha
	Tipo de conglomerado
	Estado
	Municipio
	Predio
	Tenencia
	Clave de INEGI
	Clave 1ª foto
	Región hidrológica
	Subregión hidrológica
	Responsable
	Descripción
	Paraje
	Accesibilidad
	Coordenadas
	Hora
Azimut	
Distancia	
Información de los sitios (UMS)	No. de sitio
	Tipo de vegetación proporcionada por CONAFOR
	Tipo de vegetación presente en campo
	Coordenadas del sitio
	Coordenadas de apoyo

**Tabla 3 Variables a levantar en campo relacionados con la Ecología.**

<b>Datos ecológicos</b>	
Características del conglomerado (UPM)	Altitud
	Pendiente
	Fisiografía
	Exposición
Diversidad de especies por estrato	Información de uso actual de suelo
	Estrato
	Especie dominante
	Especies codominantes
Diversidad de epífitas en el arbolado	Número de especies
	Clase tipo
	Presencia de troncos
Características de las especies de flora en riesgo	Presencia en ramas y ramillas
	Especie
	Categoría
	Distribución
Cuerpos de agua en los caminamientos al sitio o cuya importancia local amerite su identificación	Usos
	Nombre
	Coordenadas
	Tipo 1/
	Contaminación 2/
	Azolve 2/
	Eutrofización 2/
Lirio acuático 2/	
Impactos ambientales actuales	Uso actual 3/
	Causa de daño
	Vegetación
	Suelo
	Agua
Incendios	Observaciones
	Evidencia de incendios
	% del estrato del conglomerado afectado
	Tipo de incendio
	% de copa quemado en árboles adultos
Regeneración después del incendio	

**Tabla 4 Variables a levantar en campo del repoblado y el estrato arbustivo.**

<b>Repoblado y estrato arbustivo</b>	
Registro de repoblado	Género
	Frecuencia de altura
	Edad de repoblado
	Vigor
	Daño
	% de daño
	Usos
Cobertura	% de la vegetación
Registro de repoblado	Especie
	Nombre común
	% cobertura
	No plantas mayores a 1.5m con diámetro menor a 7.5 cm
Registro de repoblado de la veg menor (entre 10 y 25 cm altura)	Género y especie
	Altura promedio
	No. de plantas
	Daño
	Usos

**Tabla 5 Variables levantadas en campo referente a suelos**

<b>Suelos</b>	
Uso actual del suelo	Uso actual del suelo
Cobertura del suelo por la vegetación	Cobertura del suelo por la vegetación
Presencia del mantillo	Presencia de mantillo
	Espesor del mantillo
Profundidad del suelo	Espesor de la profundidad del suelo
	Categoría de la profundidad del suelo
Erosión/Degradación del suelo	Tipos de degradación presentes
Nivel de afectación en el suelo	Grado o nivel de afectación
	% de afectación del sitio
Erosión hídrica con pérdida de suelo superficial	Número de medición
	Espesor de la capa perdida
	Espesor promedio de la capa perdida

**Tabla 6 Variables tomadas en campo para arbolado**

<b>Arbolado</b>	
Arbolado	No de sitio
	Pendiente estimada por cuadrante
	No. árbol
	Género y especie
	Nombre común
	Condición
	Diámetro normal
	Diámetro de copa
	Altura total
	Altura de fuste limpio
	Altura comercial
	Vigor
	Daño
	Usos
	Número de tallos
	% Daño
	Arbolado en la submuestra
Diámetro basal	
Edad de repoblado	
No. de anillos en 2.5 cm	
Longitud de 10 anillos	
Grosor de corteza	
Distribución de productos (núm de trozas)	



## DISEÑO DEL PROCESAMIENTO

En la recepción de la información, la CONAFOR, a través de la Gerencia de Inventario y Geomática, hace una revisión y cotejo de la información levantada en papel y la misma información digitalizada mediante el “cliente de captura”, previo a incorporarse a la base de datos del INFyS. Con este procedimiento se evita ingresar información que haya sido modificada por errores de captura.

## EJECUCIÓN DE LA CAPTACIÓN

### Organización del trabajo de campo.

El proveedor del muestreo debe conocer detalladamente la zona a inventariar para la fácil ubicación de los sitios de muestreo. Para el levantamiento de la información de campo deben integrarse brigadas de trabajo, en la búsqueda de la optimización del tiempo y reducción el costo de las labores por lo que cada brigada debe operar con el personal, equipo y los materiales requeridos. Se recomienda que el personal de las brigadas de campo se establezcan lo más cercano posible al área de trabajo, tomando en cuenta las facilidades que se presenten para el acceso y la ubicación de los conglomerados.

### Constitución de las brigadas de campo.

Una brigada de trabajo debe constituirse por un tomador de datos (Jefe de Brigada) y uno o más auxiliares de campo. Los integrantes de las brigadas de levantamiento de datos en campo deben estar capacitados para realizar las labores requeridas y con la calidad convenida. Las brigadas o cuadrillas de trabajo de campo están integradas por 3 a 4 personas que tendrán las siguientes funciones: el Jefe de Campamento organizará y supervisará los trabajos diarios de las diferentes brigadas de la zona, así como garantizará la calidad del levantamiento del muestreo en campo. El Jefe de brigada, será el responsable del levantamiento y registro correcto de la información cualitativa y cuantitativa en campo de acuerdo a los manuales e instructivos por tipo de vegetación. Los auxiliares de campo, asistirán al jefe de brigada en el levantamiento de la información en campo.

La empresa proveedora proporciona al personal de campo el material necesario para el levantamiento de la información así como dotar de un botiquín con los medicamentos mínimos requeridos para un accidente y/o mordedura de serpiente. Deberá otorgar a cada equipo de trabajo o cuadrilla, una credencial con fotografía del trabajador, especificando su puesto en la brigada de trabajo, así como un oficio con sello y firma del director de la empresa dirigido a las autoridades (federales, estatales y municipales) que ampare su trabajo de acuerdo a la región y periodo de la comisión.

## **EJECUCIÓN DEL PROCESAMIENTO**

### **Captación de datos**

Los datos en campo son recabados en papel y posteriormente almacenados en una aplicación de Microsoft Access que contiene los mismos campos para las variables levantadas, validaciones y controles de calidad de los datos a fin de minimizar los errores de captura.

Esta aplicación contiene módulos para cada formato de acuerdo al diseño de levantamiento establecido (bosques, selvas, comunidades áridas y semiáridas. La exportación entre el cliente y el servidor se realiza a través de una aplicación intermedia que funge como puente de unión entre las estructuras de las dos bases de datos, la de origen y destino.

### **Base de datos**

El destino final de los datos levantados en campo es un sistema de administración de bases de datos relacionales (RDBMS por sus siglas en inglés) de Microsoft SQL Server, donde se concentran, gestionan y almacenan, en un servidor central, para su mantenimiento y utilización. Cuenta con un sistema robusto de seguridad que soporta el acceso simultáneo de múltiples usuarios, la información se manipula y extrae a través de consultas desarrolladas en lenguaje SQL (*Structured Query Language*: Lenguaje de Consulta Estructurado) por medio de comandos y sentencias con sintaxis estandarizadas, que permiten realizar un rápido procesamiento de los datos para su reporte final.

El diseño y estructura de la base de datos se fundamenta en un modelo conceptual Entidad-Relación. Este modelo permite flexibilidad en el manejo de datos, independencia lógica y física de los datos, evita la redundancia de la información, propicia resguardar la integridad y calidad de los datos, optimiza consultas complejas, entre otras cosas.

Las tablas de la base de datos se relacionan entre sí a través de claves o identificadores únicos; éstas almacenan los campos (atributos) y registros (entidades) en columnas y filas, respectivamente, de las variables cuantitativas y cualitativas recabadas en campo.

### **Estimación de los parámetros.**

Para la estimación de los parámetros de interés del Inventario Nacional Forestal y de Suelos se utiliza un estimador de razón de medias, debido a que la cantidad a estimar es la razón de dos variables, ambas variando de unidad a unidad, en donde la variable auxiliar es el área muestreada (ha).

## **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **Informe del proyecto**

Posterior a la integración y análisis de resultados se procede a realizar el informe impreso el cual se encuentra disponible al público en general a través de la siguiente dirección web: <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/infys/temas/resultados-2004-2009>.

### **Representación espacial**

Se utilizó el sistema denominado INFyS para la difusión de los datos espaciales a través de un servicio de mapas, desde la dirección [www.cnf.gob.mx/infys](http://www.cnf.gob.mx/infys) el permitía la generación de consultas directamente de la base de datos a diferentes niveles: Región Hidrológica de Norteamérica, Nacional, Estatal o mediante la creación de una poligonal definida por el usuario.

Las consultas principalmente se basaron en seleccionar aquellos conglomerados dentro de alguna de las posibles regionalizaciones comentadas en el párrafo anterior. Una vez identificados los conglomerados dentro de un área de interés el usuario podía obtener las especies encontradas, los daños al arbolado, el volumen entre otras.

Actualmente este sistema quedo fuera de línea por daños al equipo informático que lo alojaba y no ha sido posible recuperar dicha funcionalidad. Recientemente se ha restablecido el servicio de mapas en la siguiente dirección: [http://gisviewer.semarnat.gob.mx/gisflex/areas\\_conafor/index.html](http://gisviewer.semarnat.gob.mx/gisflex/areas_conafor/index.html) no obstante este servicio despliega cartografía sin hacer consultas en tiempo real a la base de datos del Inventario Forestal, se despliegan mapas previamente diseñados en el servidor de mapas.