

# Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

*Autores del módulo:*

Carlos Souza, Imazon

Sandra Brown, Winrock International

Jukka Miettinen, Centro Común de Investigación (CCI) de la Comisión Europea (CE)

Frédéric Achard, CCI-CE

Martin Herold, Universidad de Wageningen

*Al finalizar el curso los participantes deben ser capaces de lo siguiente:*

- Describir los distintos tipos de degradación forestal y las metodologías para hacer su seguimiento
- Mapear y analizar los distintos procesos de degradación forestal utilizando estudios de campo y las herramientas de detección remota señaladas en el módulo



V1, mayo de 2015

# Material de referencia

- Sistema de observación mundial de la dinámica de la cubierta forestal y la cubierta terrestre (GOFCC-GOLD) (2014), *Sourcebook* (Libro de consulta), sección 2.2.
- Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques (GFOI) (2014), *Integración de las observaciones por teledetección y terrestres para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los bosques: Métodos y orientación de la Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques* (Documento sobre métodos y orientación [DMO]), secciones 2.2.2 y 3.
- Souza (2012), "Monitoring of Forest Degradation" (Seguimiento de la degradación forestal), En *Global Forest Monitoring from Earth Observation* (Seguimiento mundial de los bosques a partir de la observación de la Tierra)
- Morton, D. y otros (2011), "Historic Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Mato Grosso, Brazil: 1) source data uncertainties" (Emisiones históricas provenientes de la deforestación y la degradación forestal en el Mato Grosso, Brasil: 1) Fuentes de la incertidumbre en los datos).
- Simula (2009), "Hacia una definición de degradación de los bosques: Análisis comparativo de las definiciones existentes", documento de trabajo 154, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Herold y otros (2011), "Options for Monitoring and Estimating Historical Carbon Emissions from Forest Degradation in the Context of REDD+" (Opciones para rastrear y estimar las emisiones históricas de carbono derivadas de la degradación forestal en el contexto de REDD+) *Carbon Balance and Management* (Balance y gestión del carbono).
- Pearson, Brown y Casarim (2014), "Carbon Emissions from Tropical Forest Degradation Caused by Logging" (Emisiones de carbono derivadas de la degradación forestal provocada por la extracción de madera), *Environmental Research Letters* (Cartas de investigación ambiental)



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la orientación sobre las buenas prácticas (OBP) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
2. Tipos de degradación forestal
3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal:
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota:
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario



---

# Esquema de la conferencia

- 1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC**
2. Tipos de degradación forestal
3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario



# Degradación: Introducción

- La degradación forestal (cambios en bosques que continúan siendo bosques) conduce a una reducción de largo plazo/persistente de las reservas de carbono.
- Los niveles de emisión por unidad de superficie son menores que en la deforestación; los efectos acumulativos y secundarios pueden dar como resultado emisiones de carbono considerables.
- El seguimiento de la degradación forestal es importante para evitar el desplazamiento de las emisiones por deforestación reducida.
- La degradación más severa (superficie/intensidad) normalmente da como resultado indicadores más definidos para un seguimiento eficaz a nivel nacional.



# Definición de degradación forestal

- En la bibliografía científica se han encontrado más de 50 definiciones (Simula, 2009; Herold, 2011).
- En un sentido amplio, la degradación forestal es un tipo de intervención antropogénica que conduce a cambios en la cubierta forestal, en la estructura y/o en la composición y en la función del bosque original.
- Los cambios pueden ser temporarios o permanentes.
- Los cambios pueden tener consecuencias en la biodiversidad, las reservas de carbono, los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, el suelo y otros servicios ambientales.



Ejemplo de degradación forestal causada por tala recurrente e incendios en el distrito de Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

*Material de capacitación sobre REDD+ de GOFC-GOLD, Universidad de Wageningen, FCPF del Banco Mundial*

# Definición previa de degradación forestal según el IPCC

- Para los fines de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el IPCC definió la degradación forestal en 2003 basándose en la remoción de reservas forestales de carbono:

“Una pérdida a largo plazo inducida por el hombre (que persista por X años o más) de al menos Y % de las reservas de carbono forestal [y valores forestales] desde la fecha T y que no se califica como deforestación”.

(X, Y y T no han sido definidas).



# Definición en términos de REDD+

- Orientación general elaborada durante la reunión de expertos del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico (CMNUCC, 2008):
  - La degradación conduce a una pérdida de las reservas de carbono en los bosques que continúan siendo bosques
- La definición de degradación forestal depende directamente de la definición de bosque (... en los bosques que continúan siendo bosques)
- Diversos procesos conducen a la degradación forestal: tala, recolección de leña, incendios, pastoreo en tierras forestales, etc.
- Desde el punto de vista del seguimiento, es importante tener en cuenta el tipo/proceso de degradación que se ha de evaluar:
  - Según el tipo de degradación, pueden ser necesarios distintos métodos y datos para el seguimiento





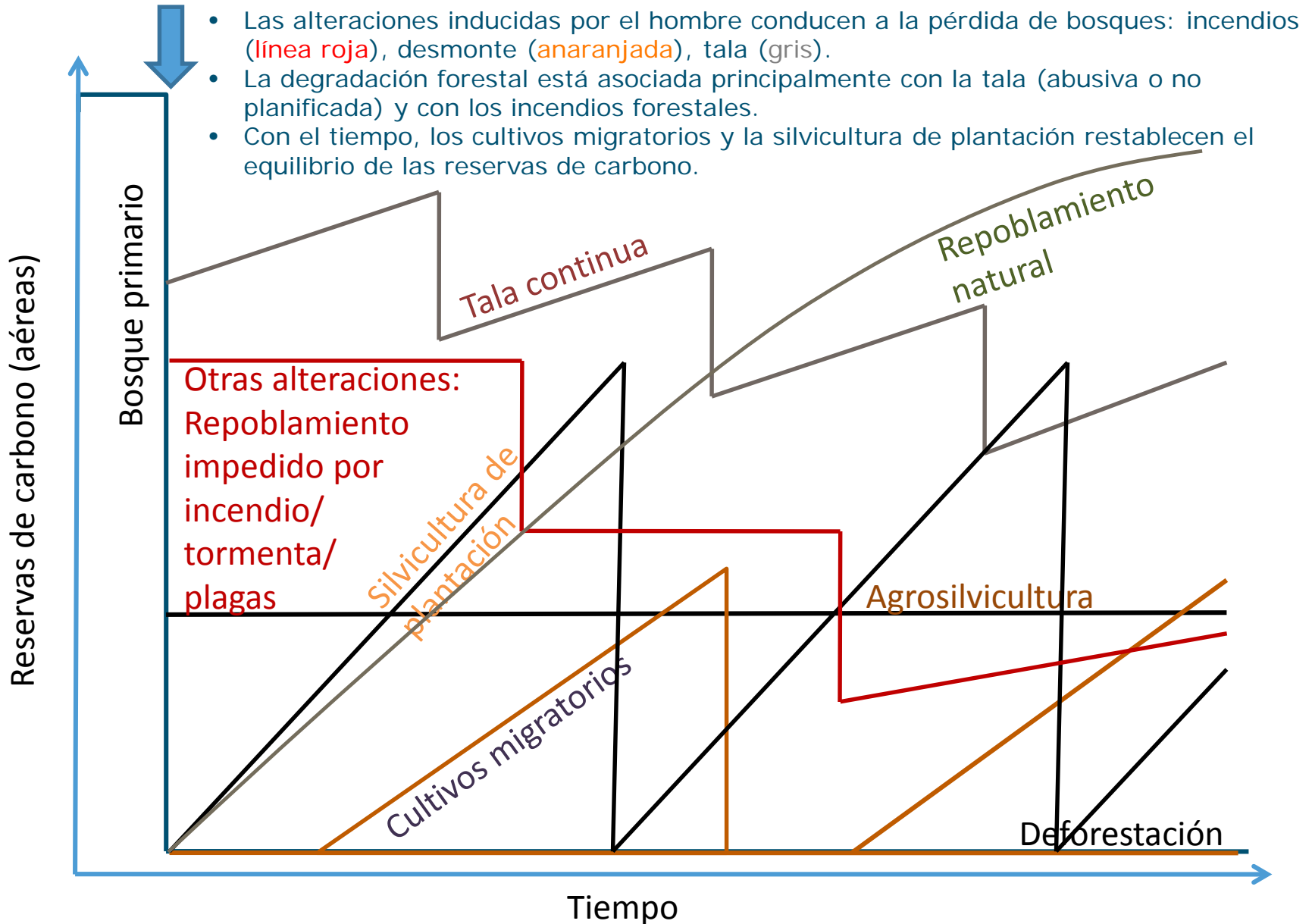
---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
- 2. Tipos de degradación forestal**
3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario

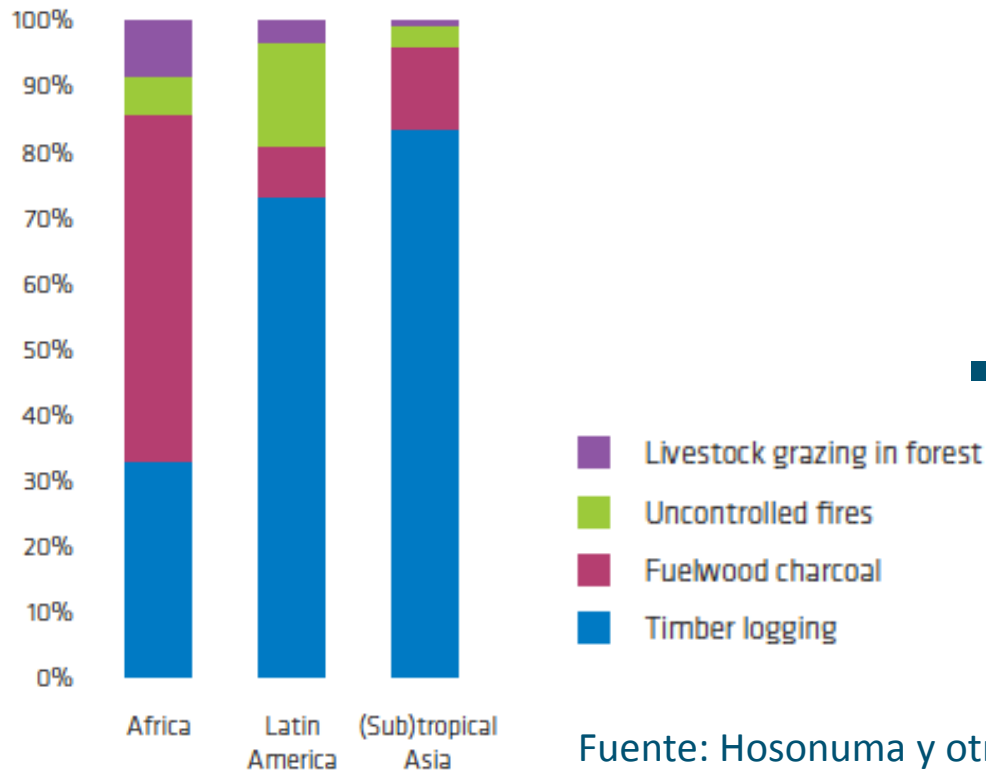


# Degradación forestal e impacto en las reservas de carbono



# Importantes causantes directos de la degradación

## Proporción de los causantes directos de la degradación forestal



Fuente: Hosonuma y otros, 2012

- **América Latina y Asia (sub)tropical:**  
Producción maderera comercial >70% de la degradación total
- **África:**  
Recolección de leña y producción de carbón vegetal, seguidas de la producción maderera



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

Material de capacitación sobre REDD+ de GOFC-GOLD, Universidad de Wageningen, FCPF del Banco Mundial

# Detectabilidad de la degradación forestal

- La degradación forestal puede ser causada por una o varias amenazas antropogénicas combinadas, y no siempre es posible detectarla mediante sistemas de observación terrestre

Capacidad para detectar las distintas amenazas a los bosques tropicales por medio de las técnicas disponibles de detección remota de media resolución

Readily detectable	Marginally detectable	Not detectable
Deforestation	Recent selective logging	Hunting or defaunation
Habitat fragmentation	Surface fires	Harvests of many nontimber forest products
Major forest fires	Effects of climate change on plant phenology	Effects of pathogens
Major highways	Small-scale gold mining	Compositional shifts in plant communities from climate change
	Wider roads (6–20 m width)	Nonrecent selective logging
	Some invasions of exotic plant species	Narrow roads (<6 m width)
		Most secondary effects

Fuente:  
Laurance y Peres, 2006



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
- 3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal**
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario



# Opciones para rastrear la evolución histórica de la degradación forestal

<b>Actividad/causante de la degradación</b>	<b>Datos de actividad (a nivel nacional)</b>
<b>Extracción de productos forestales para la subsistencia y los mercados locales (por ejemplo, leña y carbón vegetal)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Datos históricos limitados</li><li>• Información obtenida de estudios locales o mediante variables sustitutas (densidad poblacional, consumo de los hogares, etc.)</li><li>• Solo pueden observarse los cambios acumulativos de largo plazo mediante datos históricos de mediciones satelitales</li></ul>
<b>Extracción industrial/comercial de productos forestales (por ejemplo, tala selectiva)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Datos y estadísticas de recolección</li><li>• Datos históricos de mediciones satelitales (serie temporal de Landsat) analizados en zonas de concesión</li><li>• Se debe contemplar el método directo para analizar los años más recientes</li></ul>
<b>Otras alteraciones; por ejemplo, incendios forestales (no controlados)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Registros históricos de incendios basados en mediciones satelitales (a partir de 2000) analizados con datos de tipo Landsat</li></ul>

Fuente: Herold y otros, 2011



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Fuentes comunes de datos de actividad sobre degradación forestal

## 1. Observación y estudios de campo (sección 3i):

- Evaluación basada en inventarios (niveles nacional, subnacional)
- Datos de estudios de campo específicos (incl. entrevistas), investigación y parcelas de muestreo permanente
- Datos sobre silvicultura comercial (por ejemplo, concesiones de tala y tasas de extracción maderera)
- Variables sustitutas de mercados y demanda nacional (carbón vegetal, leña, subsistencia)

## 2. Detección remota (sección 3ii):

- Detección directa de procesos de degradación (daño de la cubierta de copas)
- Métodos indirectos (observación de infraestructura humana)
- Seguimiento de incendios (incendios activos y zonas incendiadas; [vea asimismo el módulo 2.6](#))



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
- 3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal**
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva**
  - ii. Métodos de detección remota
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario





# Degradación forestal por tala selectiva

Reducción de la cubierta de copas por:

- Apertura de claros causados por tala de árboles y árboles dañados
- Desmonte para construcción de caminos, plataformas y vías de arrastre

**Con frecuencia, el daño se observa en zonas no contiguas.**



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

---

# Cómo estimar las emisiones causadas por las prácticas de recolección de madera

---

- Dos metodologías básicas basadas en el marco del IPCC:
  - Combinación de tasas de extracción maderera, planes de gestión e imágenes de alta resolución para datos de actividad y pérdidas/ganancias para factores de emisión (vea asimismo el módulo 2.3)
  - Detección remota por medio de imágenes de media resolución para los datos de actividad y método de cambios en las reservas de carbono para factores de emisión (vea la sección 3ii)



# Ejemplo de tala selectiva

- Las emisiones por tala selectiva se estiman empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Factores de emisión (t C/m}^3\text{)} = \text{ETE} + \text{FDT} + \text{FIT}$$

*Donde:*

- ETE = emisiones de troncos extraídos (t C/m<sup>3</sup> extraído)
- FDT = factor de daño de la tala, o carbono de necromasa que permanece en los claros por árboles caídos y daño incidental (t C/m<sup>3</sup> extraído)
- FIT = factor de infraestructura de la tala, o carbono de necromasa por construcción de infraestructura (t C/m<sup>3</sup>)
- Se recopilan datos en el terreno para cuantificar las ETE y el FDT de múltiples claros generados por la tala.
- Los datos de actividad para este método comprenden el volumen total extraído del bosque por año, pero para recopilar los datos de actividad quizá se deba emplear una combinación de datos de campo e imágenes de muy alta resolución obtenidas por detección remota.



# Estimación de los datos de actividad para la tala selectiva a partir de datos de recolección

- El método de tala selectiva (**módulo 2.3**) requiere cuantificar el **factor de infraestructura de la tala (FIT)**:
  - El FIT se obtiene sumando el impacto en términos de emisiones carbono de: vías de arrastre + caminos + plataformas
  - El impacto en términos de emisiones de C es el producto de la estimación de reservas de C en las superficies forestales sin tala y la zona de desarrollo de infraestructura
  - El FIT puede normalizarse en emisiones por unidad de volumen extraído, dividiendo las emisiones por el volumen recolectado medido en  $m^3$



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

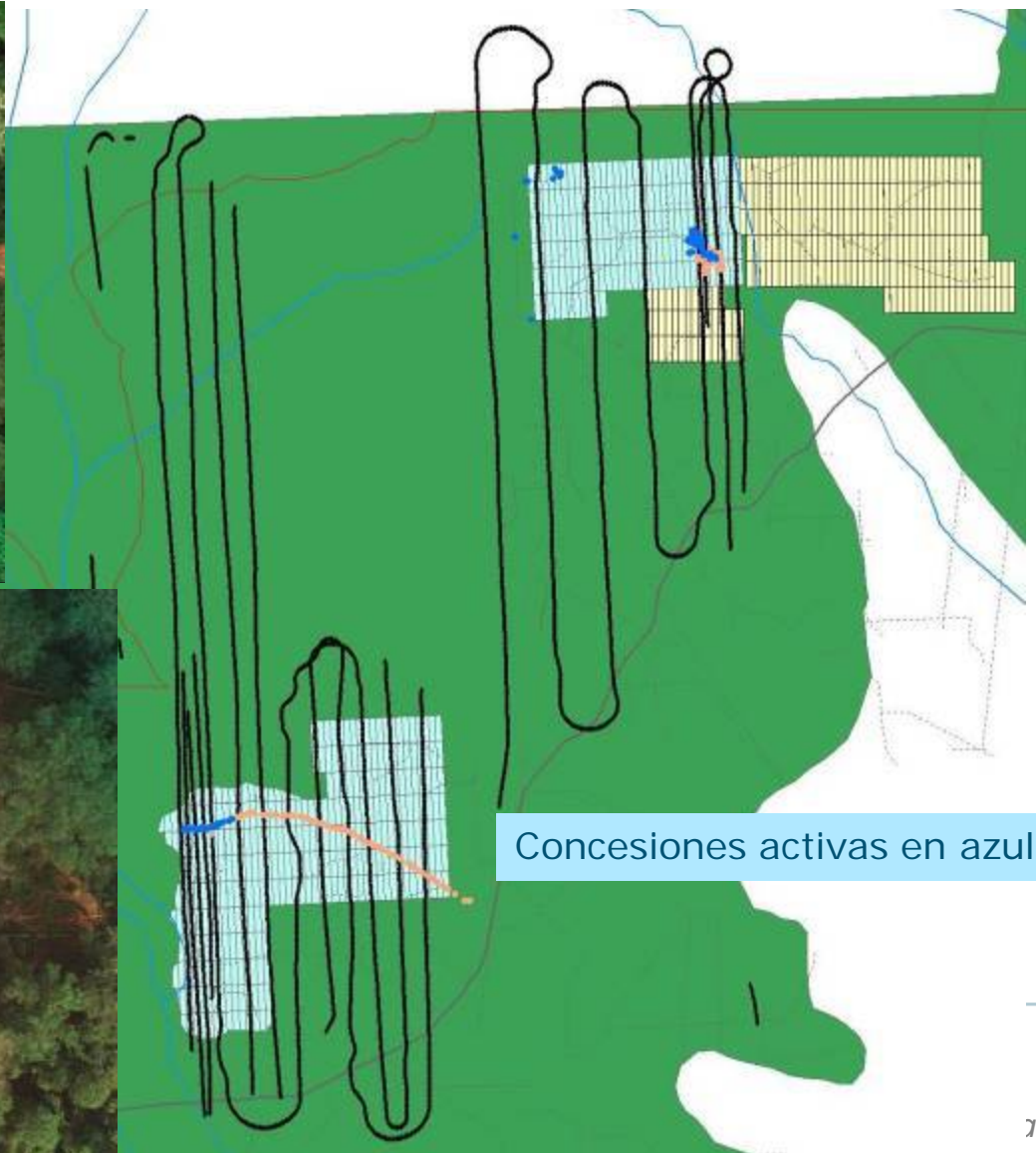
# Posible problema: Obtener datos fiables sobre cantidad de madera extraída por unidad de superficie por año

- Fiabilidad de los datos nacionales:
  - ¿Implementación del Programa para la Aplicación de Leyes, Gobernanza y Comercio Forestales (FLEGT) referido al seguimiento de troncos?
  - ¿Tala ilegal?
  - ¿Extracción mayor que la permitida?
- Posibilidad de emplear un método independiente: las imágenes aéreas con método de muestreo permiten calcular la superficie de los claros provocados por la tala de árboles y otros impactos:
  - A partir de la información recogida sobre el terreno en parcelas de tala, se pueden obtener datos sobre el volumen en  $m^3$  de la madera extraída del claro, por cada  $m^2$  de la superficie del claro



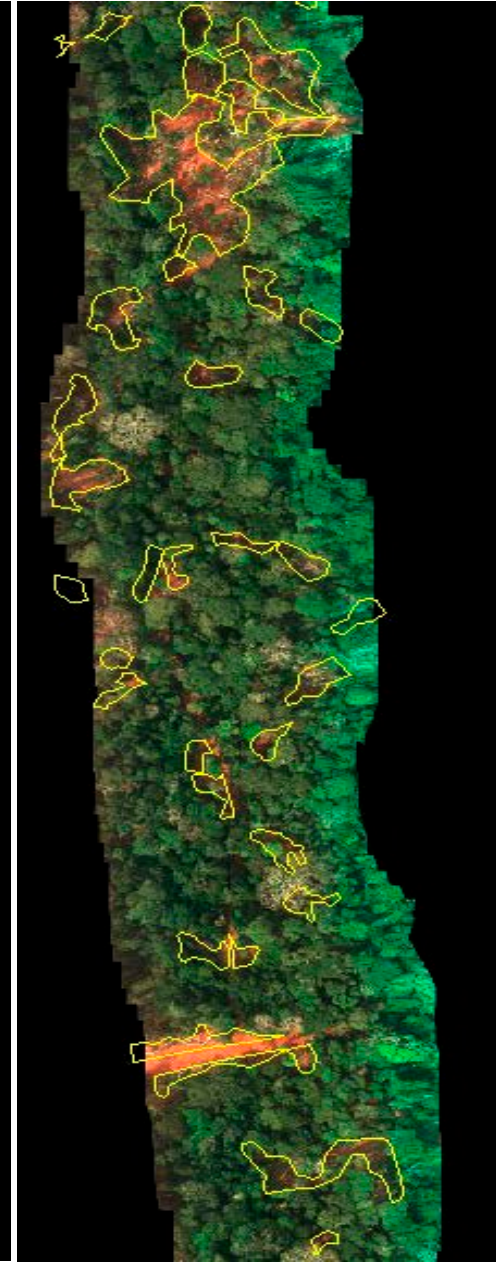
# Opción: Recorrido de transectos aéreos sobre el área de concesión para observar el daño causado por la tala

Resolución de 15-20 cm



Concesiones activas en azul

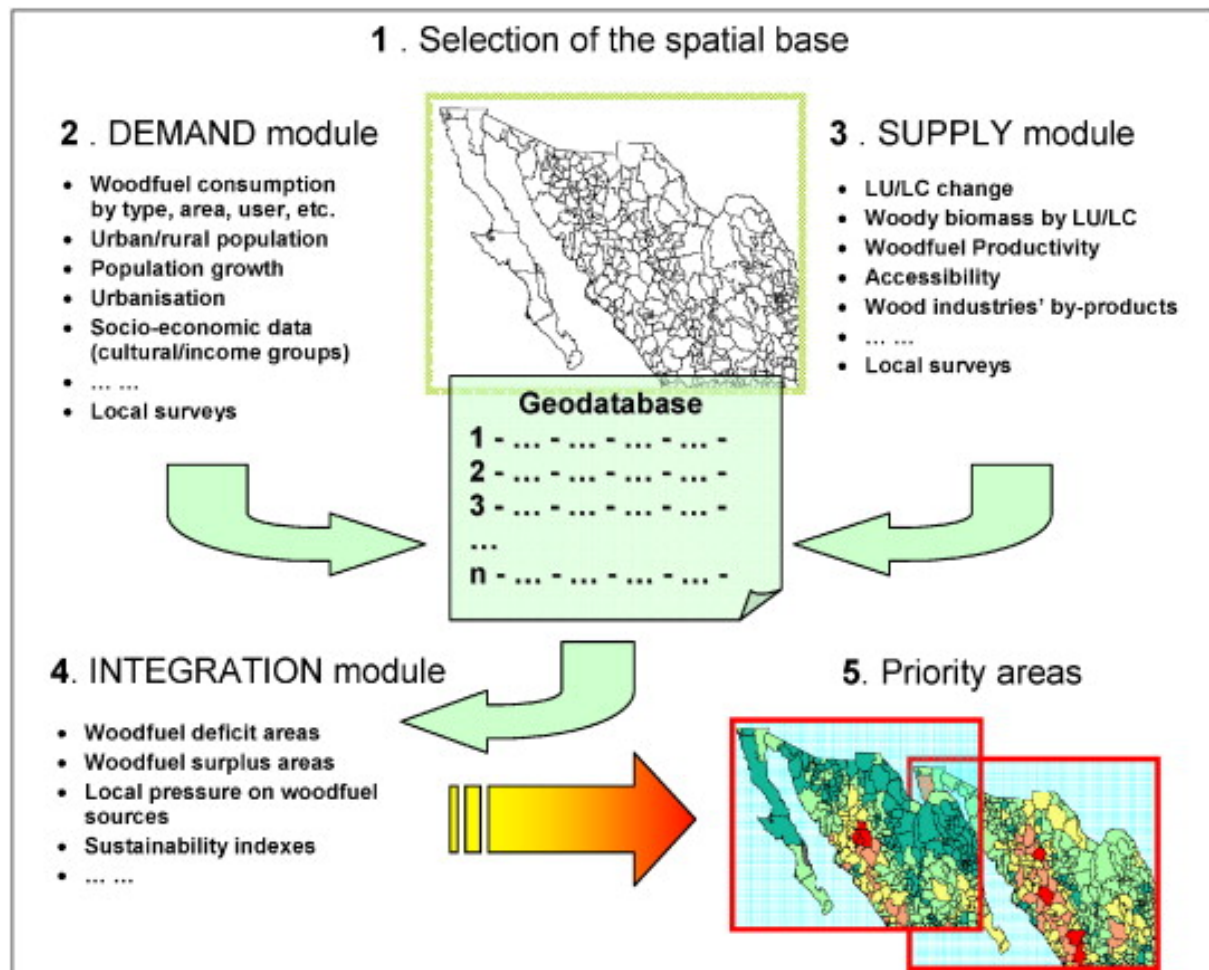
# Franjas de imágenes aéreas donde se observa el daño causado por tala



- Los claros se delimitan automáticamente en la imagen con eCognition.
- Las imágenes se emplean para calcular la superficie de los claros causados por árboles caídos utilizando la relación entre el volumen extraído (en  $m^3$ ) por superficie del claro (en  $m^2$ ) (datos de campo).
- Se mide la superficie de caminos y cargaderos de troza, y la longitud de las vías de arrastre.
- Se estima la proporción de la superficie total de muestreo cubierta de claros y la proporción de la concesión activa total muestreada con franjas de imágenes:
  - Estimación del volumen total extraído y de la superficie/longitud de la infraestructura en zonas de tala



# Análisis espacial para elaborar un modelo de oferta y demanda de leña



LU/LC = uso de la tierra/  
cobertura de la tierra

Fuente: Ghilardi y otros, 2007

➡ *Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*



---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
- 3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal**
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota**
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario



# Métodos de detección remota satelital

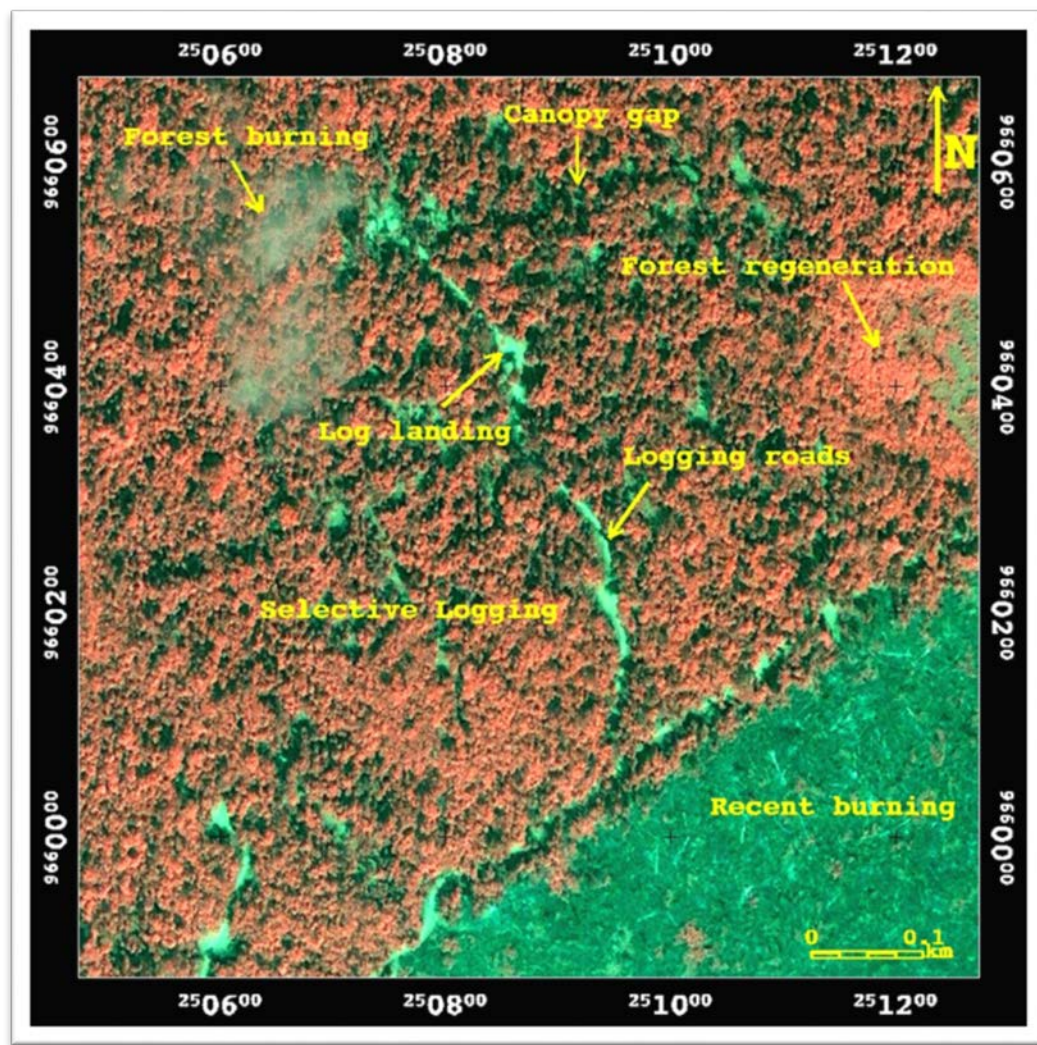
- Hay en la actualidad distintas técnicas de detección remota satelital desarrolladas para trazar mapas de los principales tipos de degradación forestal.
- La elección del método de detección remota satelital depende de:
  - el tipo y la intensidad de la degradación
  - el alcance espacial y temporal del problema
- Dos métodos fundamentales:
  - **Métodos directos** (sección 3iia): Evaluación del daño de la cubierta de copas por medio de series temporales de datos, con el fin de detectar y mapear los bosques degradados
  - **Métodos indirectos** (sección 3iib): Estimación de la superficie forestal afectada por la degradación por medio de la identificación de la infraestructura creada por el hombre como variable sustituta (y combinación con análisis del Sistema de Información Geográfica [SIG])



# Problemas para definir la degradación forestal

- La degradación forestal puede tener distintos efectos en la cubierta de copas.
- La degradación da lugar a una mezcla de entornos en las imágenes obtenidas por detección remota: bosques sin alteraciones, pequeños desmontes y antiguos bosques degradados (es decir, regeneración forestal).

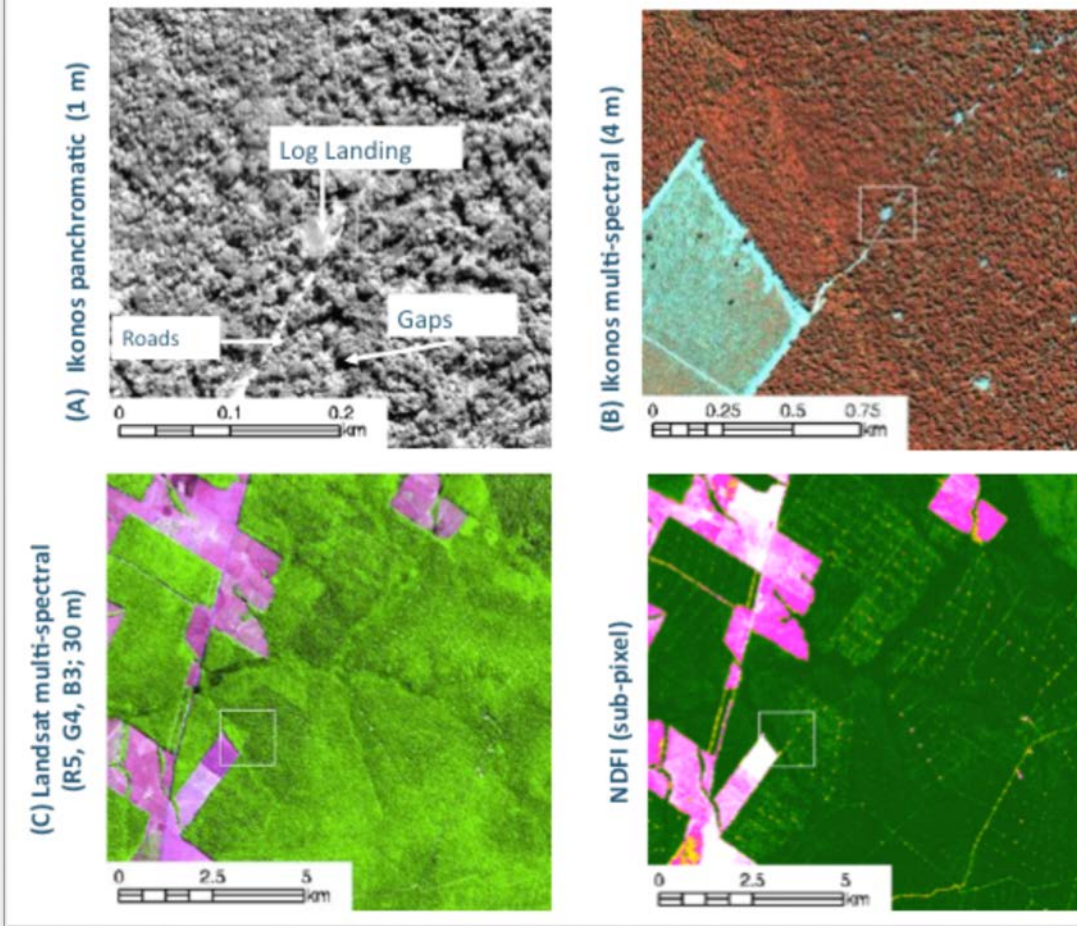
Elaborado a partir de datos tomados de *Sourcebook*, 2014.  
Gráfico 2.2.1.



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Métodos de detección remota

## Spatial Resolution



- Las imágenes de muy alta resolución espacial facilitan la visualización de la degradación forestal.
- Las imágenes de resolución espacial media con un mayor número de bandas espectrales, como las de Landsat, pueden resultar útiles en el mapeo y el seguimiento de la degradación forestal con amplia cobertura temporal.

Elaborado a partir de datos tomados de *Sourcebook*, 2014. Gráfico 2.2.3.



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Ejemplos de métodos de detección remota para el mapeo de tala selectiva y quema en la Amazonia brasileña

Método de mapeo	Sensor	Alcance espacial	Objetivo	Ventajas	Desventajas
Interpretación visual	Landsat TM5	Local	Mapeo de la totalidad de la zona de tala.	No requiere técnicas sofisticadas de procesamiento de imágenes.	Para grandes extensiones, requiere mano de obra intensiva; puede verse influida por la subjetividad del usuario en la definición de límites.
	Landsat TM5	Amazonia brasileña			
Detección de cargaderos de troza + zonas de amortiguación	Landsat TM5 y ETM+	Local	Mapeo de la totalidad de la zona de tala (daño de la cubierta de copas, desmonte y bosque sin daño).	Implementación relativamente simple y estimación satisfactoria de la totalidad de la zona de tala.	Las zonas de amortiguación varían a lo largo del paisaje; el método no reproduce el contorno real de la zona talada.
Árbol de decisiones	SPOT 4	Local	Mapeo del daño de la cubierta de copas causado por tala y quema.	Reglas de clasificación simples e intuitivas.	No se ha probado en superficies muy extensas, y las reglas de clasificación pueden variar a lo largo del paisaje.

Elaborado a partir de datos tomados de *Sourcebook*, 2014. Cuadro 2.2.1.

# Ejemplos de métodos de detección remota (cont.)

Método de mapeo	Sensor	Alcance espacial	Objetivo	Ventajas	Desventajas
Detección de cambios	Landsat TM5 y ETM+	Local	Mapeo del daño de la cubierta de copas causado por tala y quema.	Amplifica las zonas de cubierta de copas dañada.	Requiere dos pares de imágenes y no distingue entre cambios forestales naturales y antropogénicos.
Segmentación de imágenes	Landsat TM5	Local	Mapeo de la totalidad de la zona de tala (daño de la cubierta de copas, desmonte y bosque sin daño).	Implementación relativamente simple y estimación satisfactoria de la totalidad de la zona de tala. <i>Software</i> gratuito disponible.	No se ha probado en superficies muy extensas, y las reglas de segmentación pueden variar a lo largo del paisaje.
Sistema de análisis Landsat de Carnegie (CLAS)	Landsat TM5 y ETM+	Tres estados de la Amazonia brasileña (PA, MT y AC)	Mapeo de la totalidad de la zona de tala (daño de la cubierta de copas, desmonte y bosque sin daño).	Totalmente automatizado y normalizado para superficies muy extensas.	Requiere elevada capacidad computacional y pares de imágenes para detectar el cambio forestal. Probado solo con Landsat ETM+.
Índice normalizado de diferencia de fracción (NDFI) + algoritmo de clasificación contextual (CCA)	Landsat TM5 y ETM+	Local	Mapeo del daño de la cubierta de copas causado por tala y quema.	Amplifica las zonas de cubierta de copas dañada.	No se ha probado en superficies muy extensas y no distingue entre daños por tala y daños por quema.

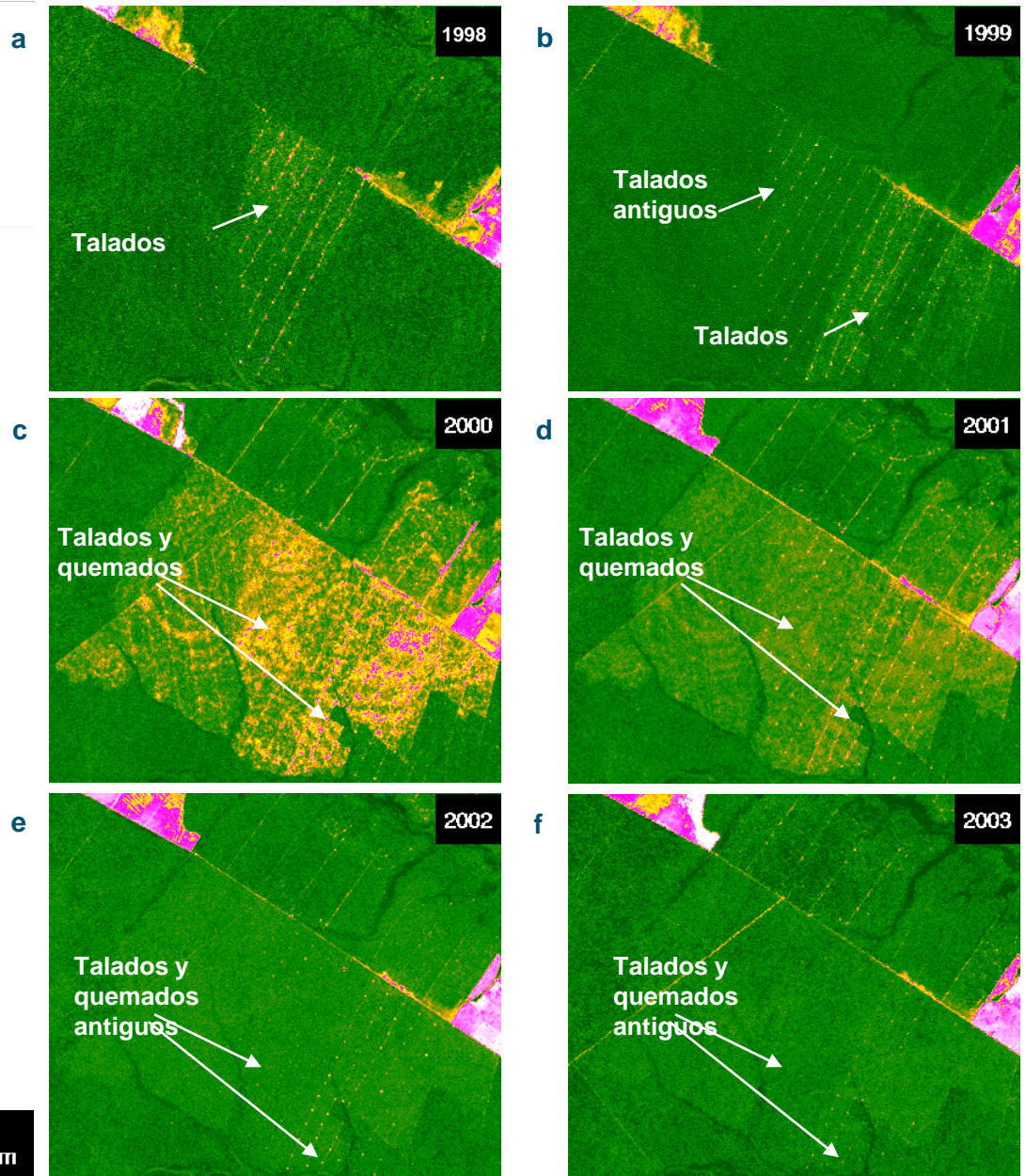
Elaborado a partir de datos tomados de *Sourcebook*, 2014. Cuadro 2.2.1.



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Dinámica de la degradación forestal

- La señal de la degradación forestal cambia rápidamente.
- Hay sinergia entre los procesos de degradación forestal que puede incrementar la pérdida de reservas de C de los bosques degradados.
- Se espera degradación forestal recurrente con mayor pérdida de reservas de C.
- Se requiere seguimiento anual para rastrear el proceso de degradación forestal.



Elaborado a partir de datos tomados de *Sourcebook*, 2014. Gráfico 2.2.6.

---

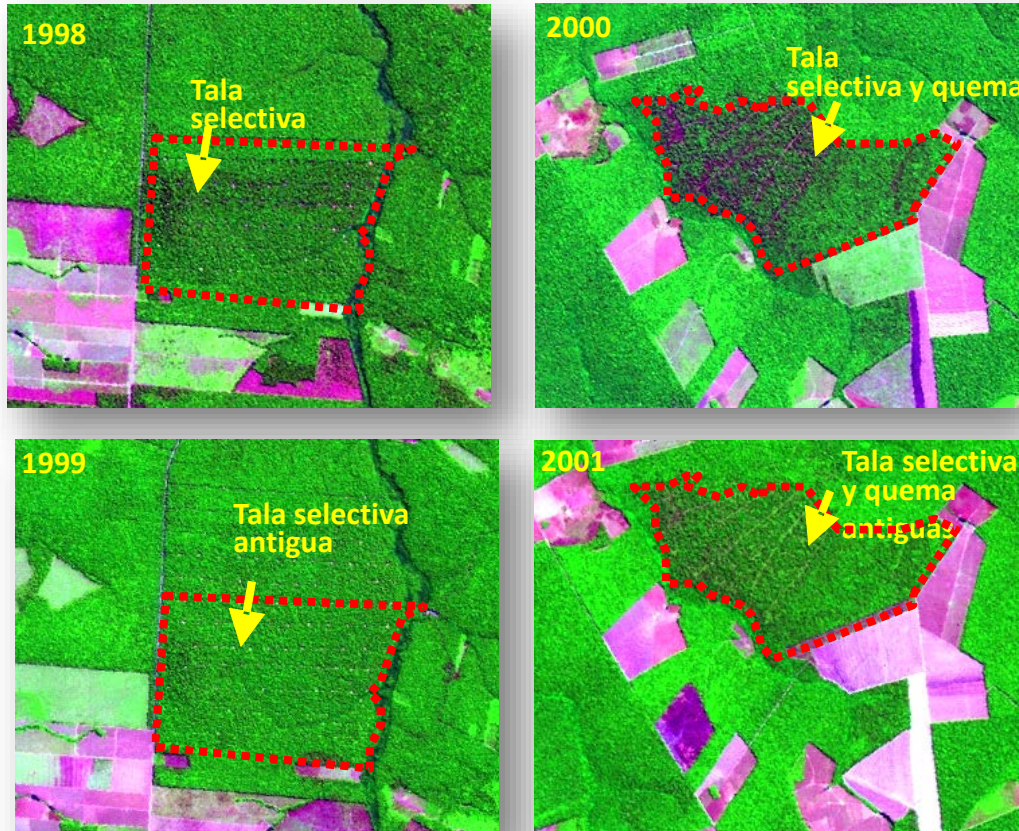
# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
- 3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal**
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota**
    - a) métodos directos**
    - b) métodos indirectos
4. *Software* necesario





# Interpretación visual de la degradación forestal



Imágenes de Landsat con combinaciones en falso color (R5, G4, B3)

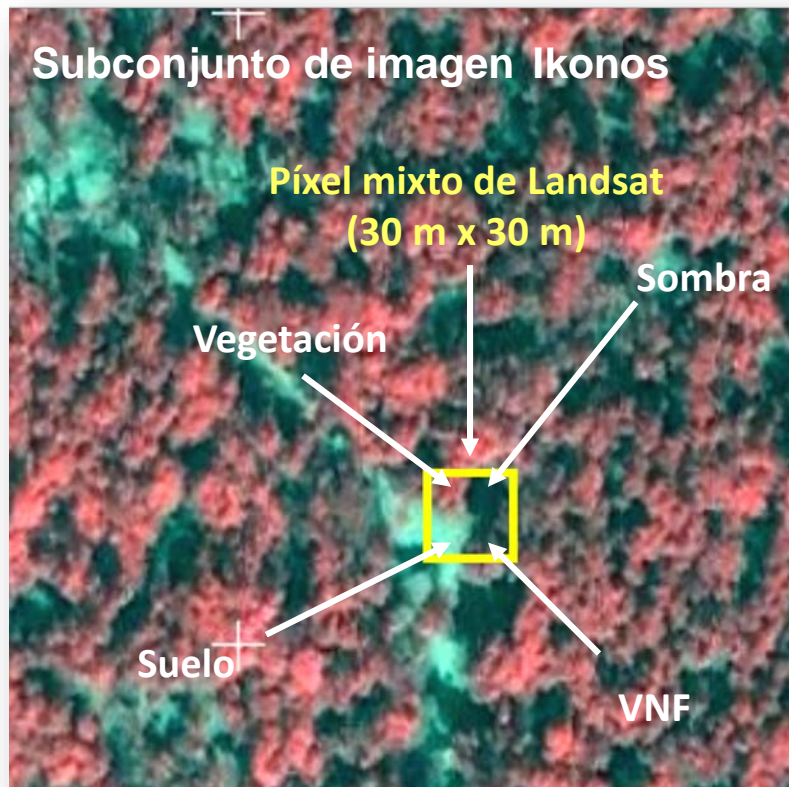
- Ejemplos de tala selectiva y de bosques talados y quemados en el distrito de Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil.
- La definición del límite entre bosque degradado y bosque sin alteraciones es subjetiva.
- Las marcas de la degradación antigua no se detectan visualmente.
- La señal de la degradación desaparece rápidamente (véase la diapositiva 31), con lo que se dificulta la interpretación visual.



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

Material de capacitación sobre REDD+ de GOFC-GOLD, Universidad de Wageningen, FCPF del Banco Mundial

# Análisis de mezclas espectrales (SMA)

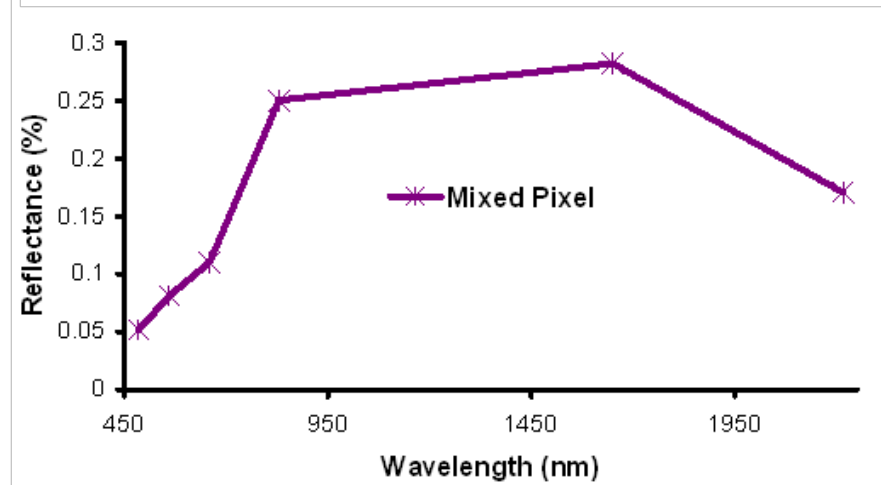
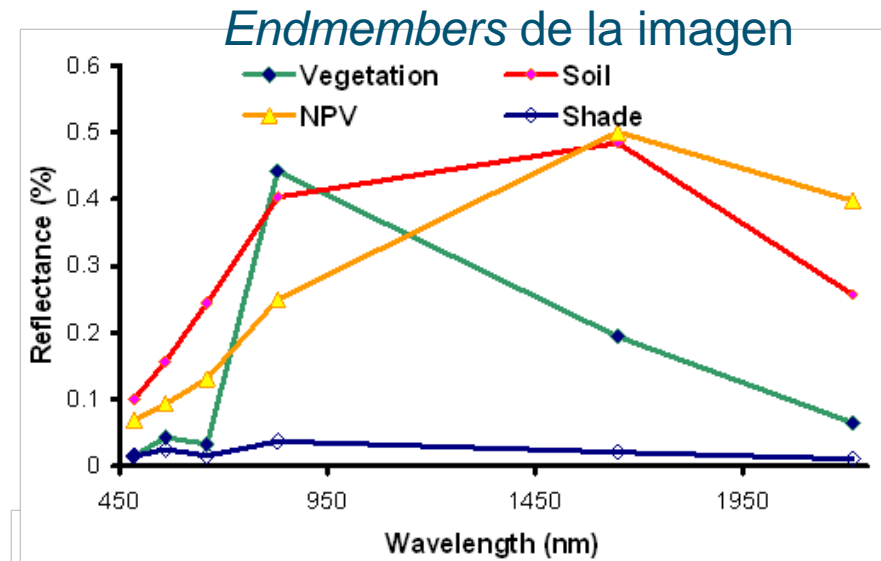


- Los componentes espectralmente puros más comunes (es decir, componentes básicos [*endmembers*]) en los bosques degradados son:
  - Vegetación fotosintética
  - Suelo
  - Vegetación no fotosintética (VNF)
  - Sombra
- En los bosques degradados, predominan los píxeles mixtos.

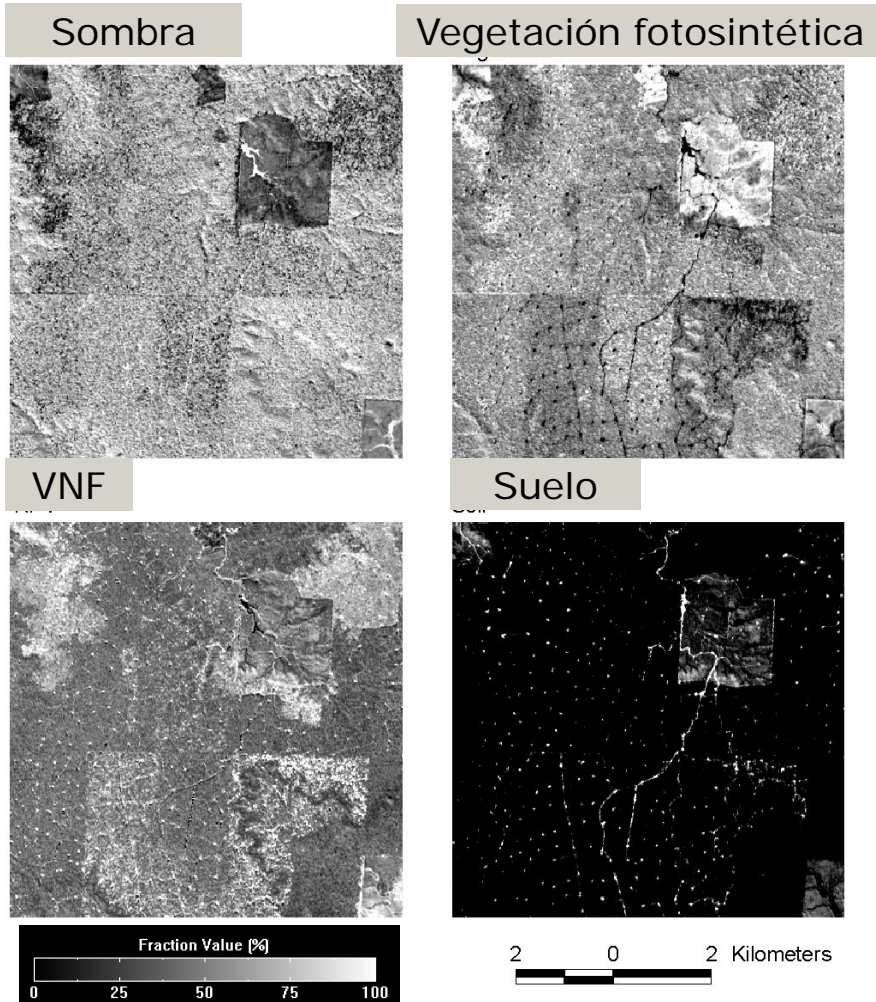


# Píxel mixto de Landsat

- Se ha propuesto el uso del SMA para resolver el problema de los píxeles mixtos observados en bosques degradados.
- Los píxeles mixtos pueden descomponerse en fracciones de *endmembers*.
- La reflectancia del píxel mixto es la suma de la reflectancia de los componentes de los *endmembers* del píxel.



# Interpretación de las fracciones de *endmembers*



- Sombra:
  - Topografía y cubierta de copas desigual, y grandes desmontes
- Vegetación fotosintética:
  - Claros en la cubierta de copas, regeneración forestal y desmonte
- VNF:
  - Daños en la cubierta de copas y marcas de quema
- Suelo:
  - Infraestructura de tala (caminos y cargaderos de troza)

Fuente: Souza Jr. y otros, 2003



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Combinación de la información de fracciones para mejorar la detección de la degradación forestal

## Índice normalizado de diferencia de fracción (NDFI)

$$\text{NDFI} = \frac{\text{VF}_{\text{Sombra}} - (\text{VNF} + \text{Suelo})}{\text{VF}_{\text{Sombra}} + \text{VNF} + \text{Suelo}}$$

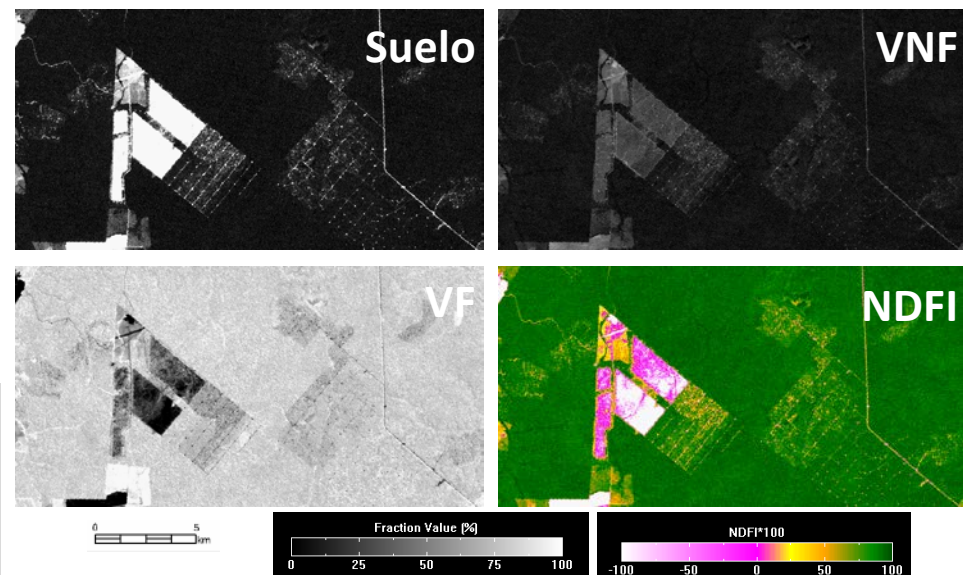
$$\text{VF}_{\text{Sombra}} = \frac{\text{VF}}{100 - \text{Sombra}}$$

Donde VF corresponde a vegetación fotosintética y VNF corresponde a vegetación no fotosintética

$$-1 \leq \text{NDFI} \leq 1$$

Los valores de NDFI entre 0,70 y 0,85 indican cambios en la cubierta que pueden estar asociados con la degradación forestal. Con el objeto de ahorrar espacio de disco, es posible redefinir los valores del NDFI entre 0 y 200.

Paragominas, estado de Pará



Fuente: Souza Jr., 2005



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
- 3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal**
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota**
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos**
4. *Software* necesario



# Método indirecto para rastrear la degradación forestal: Bosque intacto/bosque no intacto

- No siempre es posible obtener imágenes de la degradación forestal directamente mediante métodos de detección remota (por ejemplo, en contexto histórico).
- Se ha propuesto un método indirecto en el que, en líneas generales, se adaptan los conceptos elaborados para evaluar el paisaje forestal intacto mundial en el marco de las directrices y la orientación del IPCC sobre cómo notificar las emisiones y remociones de GEI en tierras forestales.



# Método de bosque intacto/bosque no intacto: Conceptos básicos

- Definiciones:
  - Bosques intactos: reservas completas (bosque con cubierta arbórea natural entre 10 % y 100 %)
  - Bosques no intactos: reservas incompletas (bosque con algún grado de explotación maderera o de degradación de la cubierta arbórea)
- Esta distinción debe aplicarse a todas las subcategorías de uso de tierras forestales que los países notifiquen en el marco de la CMNUCC.
- Así, los países deben recopilar también los datos correspondientes de reservas de carbono para caracterizar cada subcategoría de tierras forestales.





# Método de bosque intacto/bosque no intacto: Definición de tierras forestales intactas

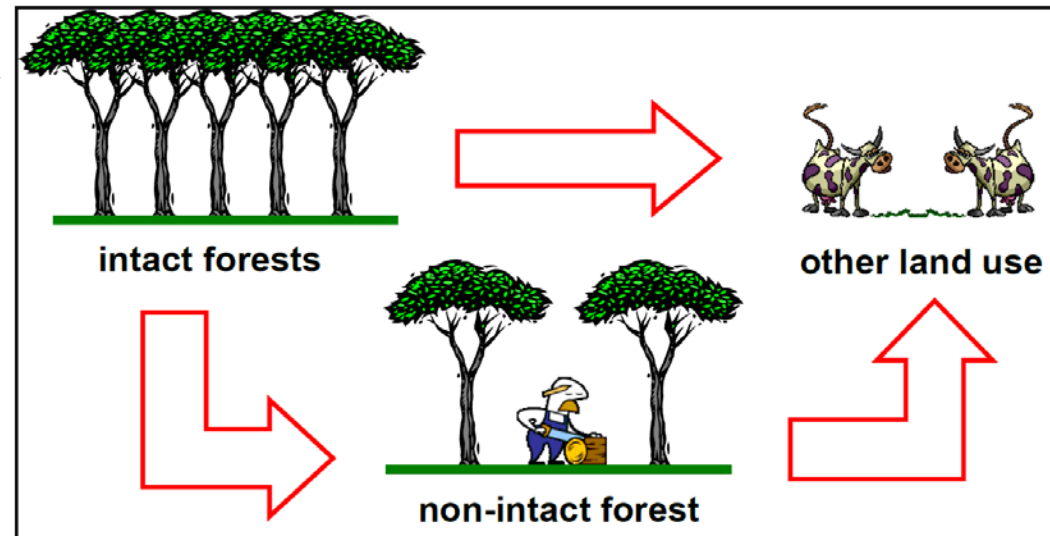
- Definidas según parámetros basados en criterios espaciales que podrían aplicarse de manera objetiva y sistemática en todo el territorio nacional.
- La definición específica para cada país podría ser, por ejemplo:
  - Situadas en tierras forestales según las definiciones de la CMNUCC y con una zona de amortiguación dentro del bosque
  - Incluyen un mosaico continuo de ecosistemas naturales
  - No fragmentadas por infraestructura (camino, río navegable, etc.)
  - Sin signos de transformación humana significativa
  - Sin tierras quemadas ni sitios de árboles jóvenes adyacentes a los componentes de infraestructura

Fuente: Potapov y otros, 2008



# Método de bosque intacto/bosque no intacto: Aplicación a la contabilidad del carbono

- La emisión de carbono por degradación forestal para cada tipo de bosque consta de dos factores: 1) la diferencia en contenido de carbono entre el bosque intacto y el bosque no intacto y 2) la pérdida de superficie de bosque intacto durante el período de contabilización.
- La degradación forestal está incluida en la conversión de bosque intacto a bosque no intacto y, por ende, se contabiliza como cambio en las reservas de carbono en esa fracción de tierras forestales que continúan siendo tierras forestales



Fuente: Mollicone y otros, 2007



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Método de bosque intacto/bosque no intacto: Matriz de cambio en el uso de la tierra

		<i>A</i>		<i>Otras tierras</i>
		<i>Tierras forestales</i>		
<i>De ↓</i>		<i>"Bosque intacto (natural)"</i>	<i>"Bosque no intacto"</i>	
	<i>Tierras forestales</i>	<i>"Bosque intacto (natural)"</i>	<b>Conservación forestal</b>	<b>Degradación forestal</b>
<i>"Bosque no intacto"</i>		<b>Aumento de reservas de C (regeneración forestal)</b>	<b>Gestión sostenible de bosques</b>	<b>Deforestación</b>
<i>Otras tierras</i>		-	<b>Aumento de reservas de C (F/R)</b>	

Fuente: Bucki y otros, 2012



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

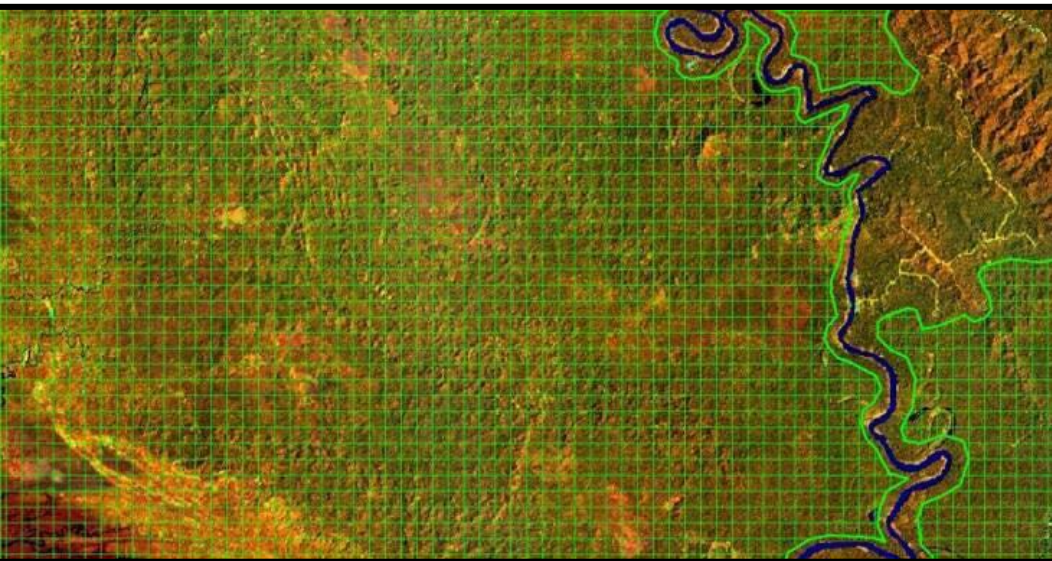
# Método de bosque intacto/bosque no intacto: Delimitación de tierras forestales intactas

- Se podría emplear un procedimiento de dos pasos para excluir las superficies alteradas y delimitar el bosque intacto restante empleando el "enfoque negativo":
  1. Exclusión de zonas que rodean obras de infraestructura y asentamientos humanos y fragmentos residuales de paisajes con una superficie inferior a 1000 ha, empleando como base mapas topográficos, bases de datos de SIG, mapas temáticos, etc. Este primer paso (potencialmente automático en su totalidad) daría como resultado un posible conjunto de fragmentos de paisaje con posibles tierras forestales intactas.
  2. La posterior exclusión de zonas con alteraciones y la delimitación de las tierras forestales intactas se realiza mediante el trazado meticuloso de límites, empleando como base métodos de interpretación semiautomática de imágenes satelitales de alta resolución (resolución espacial de píxeles: ~10-30 m).



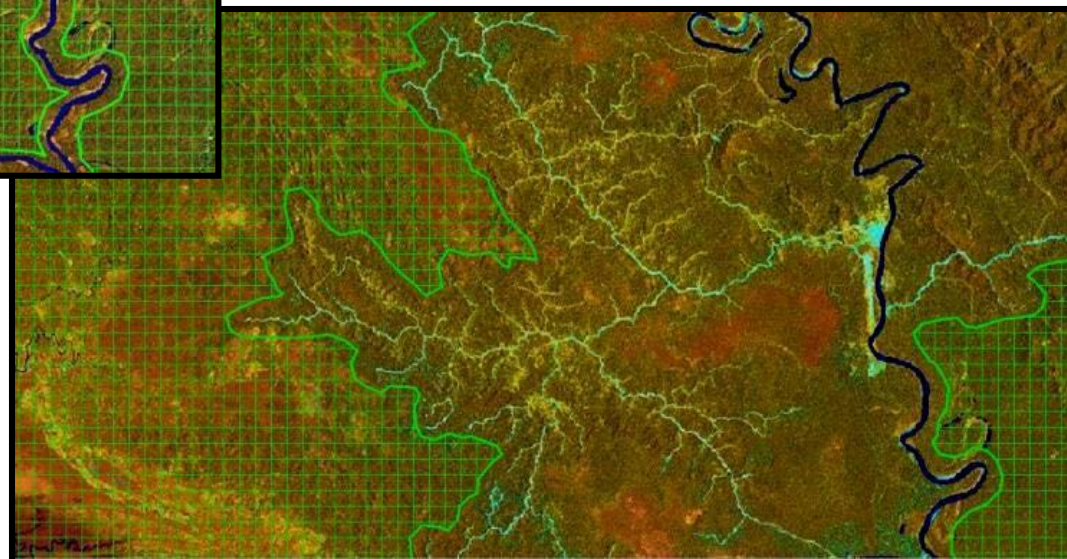
*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

# Ejemplo de delimitación de bosque intacto/ bosque no intacto



a) Papua Nueva Guinea  
26 de diciembre de 1988

b) Papua Nueva Guinea  
7 de octubre de 2002



- Las zonas cuadriculadas se consideran intactas.
- En la zona de muestra, en un término de 14 años, el 51 % del bosque intacto se ha convertido en tierras forestales no intactas.
- Menos del 1 % corresponde a deforestación (caminos).

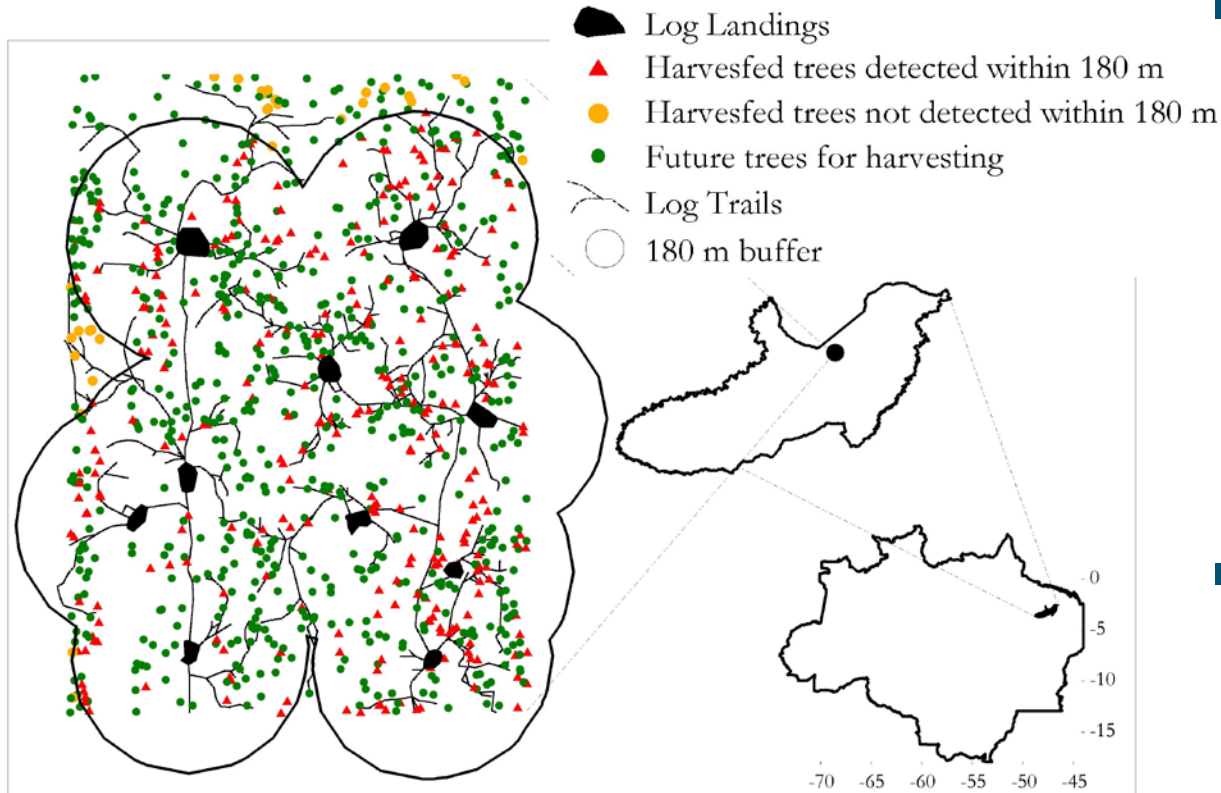
Fuente: Potapov y otros, 2008



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

# Otro ejemplo de método indirecto:

Combinación de detección remota y SIG para el mapeo de la tala selectiva



- La identificación de caminos y cargaderos de troza para actividades de tala se puede realizar con métodos de detección remota.
- Las distancias de amortiguación pueden aplicarse empleando SIG para calcular la superficie afectada por la tala.

Fuente: Souza y Barreto, 2000



Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)

Material de capacitación sobre REDD+ de GOFC-GOLD, Universidad de Wageningen, FCPF del Banco Mundial

---

# Esquema de la conferencia

1. Definición de degradación forestal y contexto de la OBP del IPCC
2. Tipos de degradación forestal
3. Métodos para evaluar zonas de degradación forestal
  - i. Seguimiento de la degradación forestal por tala selectiva
  - ii. Métodos de detección remota
    - a) métodos directos
    - b) métodos indirectos

## **4. Software necesario**



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

---

# Software para el mapeo de la degradación forestal

---

- Para aplicar la mayoría de los métodos mencionados se pueden emplear programas informáticos comerciales, como ENVI, ERDAS, PCI y ArcGIS.
- También hay *software* especializado para el mapeo y el seguimiento de la degradación forestal:
  - CLASlite
  - ImgTools (véase sección de ejercicios)





# En resumen

- Es importante definir con claridad la degradación forestal y establecer un parámetro para medir los cambios en las reservas de carbono dentro de una zona forestal.
- No siempre es posible detectar la degradación forestal mediante sistemas de observación terrestre.
- Pueden emplearse distintas metodologías para evaluar los distintos tipos de degradación forestal:
  - Observaciones y estudios de campo
  - Métodos directos de detección remota
  - Métodos indirectos de detección remota
- Programas informáticos comerciales y de código abierto para el mapeo de la degradación forestal.



---

# Ejemplos de países y ejercicios

## Ejemplos de países:

- Perú: Seguimiento de la degradación forestal con CLASlite
- Camerún: Seguimiento de la degradación forestal con NDFI
- Bolivia: Seguimiento de la degradación forestal con una combinación de fracciones de SMA y NDFI

## Ejercicios:

- Seguimiento de los procesos de degradación forestal (tala) con ImgTools:
  - Parte 1: Introducción a ImgTools
  - Parte 2: Detección de cambio forestal con fracciones de SMA y NDFI
  - Parte 3: Clasificación de árbol de decisiones con una serie temporal de imágenes SMA y NDFI
- Mapeo de bosque intacto/bosque no intacto con método de variable indirecta



---

# Módulos de consulta recomendados

- **Módulo 2.3** para consultar métodos de evaluación de factores de emisión con el fin de estimar los cambios en las reservas forestales de carbono.
- **Módulos 3.1 a 3.3** para profundizar en los métodos de evaluación y notificación de REDD+.



*Módulo 2.2: Seguimiento de los datos de actividad en bosques que continúan siendo bosques (incluida la degradación forestal)*

# Bibliografía

- Bucki et al. 2012. "Assessing REDD+ Performance of Countries with Low Monitoring Capacities: The Matrix Approach." *Environmental Research Letters* 7: 014031. [http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/1/014031/pdf/1748-9326\\_7\\_1\\_014031.pdf](http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/1/014031/pdf/1748-9326_7_1_014031.pdf).
- GFOI (Global Forest Observations Initiative). 2014. *Integrating Remote-sensing and Ground-based Observations for Estimation of Emissions and Removals of Greenhouse Gases in Forests: Methods and Guidance from the Global Forest Observations Initiative*. (Often GFOI MGD.) Geneva, Switzerland: Group on Earth Observations, version 1.0. <http://www.gfoi.org/methods-guidance/>.
- Ghilardi, Adrian, Gabriela Guerrero, and Omar Masera. 2007. "Spatial Analysis of Residential Fuelwood Supply and Demand Patterns in Mexico Using the WISDOM Approach." *Biomass and Bioenergy* 31 (7): 475–491. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.02.003>.
- GOF-C-GOLD (Global Observation of Forest Cover and Land Dynamics). 2014. *A Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring and Reporting Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions and Removals Associated with Deforestation, Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation*. (Often GOF-C-GOLD Sourcebook.) Netherland: GOF-C-GOLD Land Cover Project Office, Wageningen University. <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/index.php>.



- Herold, M., et al. 2011. "Options for Monitoring and Estimating Historical Carbon Emissions from Forest Degradation in the Context of REDD+." *Carbon Balance and Management* 6 (13). doi:10.1186/1750-0680-6-13. <http://www.cbmjournal.com/content/6/1/13>
- Hosonuma, N., M. Herold, V. De Sy, R. De Fries, M. Brockhaus, L. Verchot, A. Angelsen, and E. Romijn. 2012. "An Assessment of Deforestation and Forest Degradation Drivers in Developing Countries." *Environmental Research Letters* 7 (4) 044009. doi: 10.1088/1748-9326/7/4/044009.
- Laurance, William F., and Carlos A. Peres. 2006. *Emerging Threats to Tropical Forests*. University of Chicago Press.
- Mollicone, D., et al. 2007. "An Incentive Mechanism for Reducing Emissions from Conversion of Intact and Non-intact Forests." *Climatic Change* 83: 477–93.
- Morton, D., et al. 2011. "Historic Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Mato Grosso, Brazil: 1) source data uncertainties." *Carbon Balance and Management* 6 (18). doi:10.1186/1750-0680-6-18.
- Pearson, T. R. H, S. Brown, and F. M. Casarim. 2014. "Carbon Emissions from Tropical Forest Degradation Caused by Logging." *Environmental Research Letters* 9 (3): 034017. doi:10.1088/1748-9326/9/3/034017



- Potapov, P., et al. 2008. "Mapping the World's Intact Forest Landscapes by Remote Sensing." *Ecology and Society* 13: 51. <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/>.
- Simula, M. 2009. "Towards Defining Forest Degradation: Comparative Analysis Of Existing Definitions." Working Paper 154, FAO, Rome. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/k6217e/k6217e00.pdf>
- Souza. 2012. "Monitoring of Forest Degradation." In: Achard, F., Hansen, M.C. *Global Forest Monitoring from Earth Observation*. CRC Press. <https://www.crcpress.com/product/isbn/9781466552012>
- Souza, C. and Barreto, P. 2000. An alternative approach for detecting and monitoring selectively logged forests in the Amazon. *International Journal of Remote Sensing* , 21, 173–179.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2008. "Informal Meeting of Experts on Methodological Issues Related to Forest Degradation: Chair's Summary of Key Messages." Bonn, October 20–21. [http://unfccc.int/methods\\_science/redd/items/4579.php](http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4579.php).

