

**Nota técnica para la
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)**

Escenarios para la actualización del nivel de referencia de México para optar a las ventanas de pago por resultados por REDD+ del Fondo Verde del Clima

31 de octubre de 2018

Autores: Carla Ramírez Zea, Clea Paz, Bruno Guay, Jose Carlos Fernandez, Erik Linqvist, Erith Muñoz, Angel Parra y Kimberly Todd.

1. Introducción

Medición, Reporte y Verificación (MRV) para REDD+ bajo la CMNUCC

Para obtener y recibir Pagos Basados en Resultados (PPR) bajo la Convención Marco de Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC), las acciones de REDD+ deberían haber sido medidas, reportadas y verificadas, y los cuatro elementos de REDD+ acordados en Cancún y reafirmados en el Marco de Varsovia para REDD+¹, deberían estar completos:

- Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) evaluado técnicamente siguiendo el proceso acordado de la CMNUCC
- Estrategia Nacional/Plan de Acción REDD+ documentada
- Resumen de información sobre cómo las salvaguardas de REDD+ son abordadas y respetadas (el cual se incluye en la Comunicación Nacional o se envía directamente a la plataforma web de REDD+ de la CMNUCC)
- Sistema de información sobre cómo las salvaguardas de REDD+ son abordadas y respetadas
- Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF)

De acuerdo a la guía y modalidades acordadas por las Partes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), hay un proceso de dos etapas para el MRV de REDD+. En primer lugar, se realiza una Evaluación Técnica (ET) del NREF/NRF propuesto, que es voluntariamente presentado por el país. El resultado de esta primera parte del proceso es un informe de evaluación técnica, preparado por los expertos de Uso del Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) de la CMNUCC que se publican en la plataforma web de REDD+ de la CMNUCC². La segunda parte del proceso general es la estimación de los resultados en comparación con el NREF/NRF evaluado y modificado, y la presentación de estos resultados en el Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), junto con un anexo técnico con los datos e información relacionados a REDD.

El anexo técnico del BUR es el formato acordado para la presentación voluntaria de los resultados de REDD+ a la CMNUCC en el contexto de los PPR. Estos resultados se someten a un análisis técnico como parte del proceso de Consulta y Análisis Internacional (ICA, siglas en inglés). El proceso ICA incluye un análisis técnico del BUR, que da como resultado un informe resumido y publicado³. En el caso de que un anexo técnico de REDD+ haya sido presentado junto con el BUR, dos expertos de UTCUTS se unen al equipo técnico de expertos que analizan el BUR

¹http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/redd/items/8180.php

²<http://redd.unfccc.int/submissions.html>

³http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_parties/ica/technical_analysis_of_burs/items/10054.php

y estos expertos UTCUTS realizan el análisis del anexo REDD+, preparando un informe técnico específico resumiendo los resultados de este análisis.

Por lo tanto, la temporalidad relacionada a la presentación de los resultados de REDD+ con el anexo técnico al BUR está ineludiblemente vinculada al calendario para la presentación del mismo. En consecuencia, un país debe planificar su trabajo para presentar el anexo de REDD+ al mismo tiempo de entrega del BUR.

También es importante señalar la línea de tiempo asociada con cada una de estas etapas del proceso MRV. El proceso de ET del NREF/NRF puede durar de 10 meses a más de un año, desde la presentación inicial del NREF/NRF a la CMNUCC hasta la publicación del informe de evaluación técnica. La duración exacta para un país determinado depende de varios factores, entre ellos, por ejemplo, si un NREF revisado es preparado durante el proceso de ET de NREF/NRF basado en la retroalimentación del equipo de ET.

En el caso del BUR, el análisis técnico debe iniciarse a más tardar seis meses después de la presentación del BUR. Después de esto, hay aproximadamente un período de 9 meses desde el inicio del análisis, que incluyen un máximo de tres meses para que los expertos preparen el informe de síntesis, otro máximo de tres meses para que el país responda con aclaraciones y, finalmente, otros tres meses para que el equipo técnico prepare el informe de síntesis final. Los países que han presentado el análisis técnico han tardado entre 9 - 12 meses desde la presentación del BUR hasta la finalización del informe técnico.

En resumen, el tiempo acumulado para la realización del proceso de MRV de REDD+ bajo la CMNUCC, incluyendo desde la evaluación técnica del NREF/NRF, hasta la publicación del informe técnico para el anexo REDD+ puede tomar aproximadamente entre 2 y 2.5 años, ya que este proceso se debe coordinar y planificar con la presentación del BUR.

Avances en el sistema de monitoreo y nivel de referencia en México

México entregó a la CMNUCC en 2014 un primer nivel de referencia de emisiones incluyendo solo la deforestación durante el período 2000-2010. Siguiendo el proceso establecido este NREF fue modificado⁴ y evaluado técnicamente⁵.

En el documento del nivel de referencia modificado se menciona que los datos de actividad se calcularon con base en la cartografía y estadísticas oficiales de cambio de uso de la tierra y vegetación, conocido como Series de vegetación, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI). En el documento se describen las condiciones sobre el uso de esta información y se informa sobre los planes de mejora al Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, que consisten en aumentar la resolución espacial y temporal de los datos de actividad, a través del uso de un programa semi-automatizado conocido como MADMex. Por otro lado, en el documento de evaluación técnica, se reconocen los esfuerzos del país para el cálculo de las incertidumbres asociadas a los factores de emisión, pero también se recomienda que se mejore el cálculo de las incertidumbres asociadas a datos de actividad (UNFCCC, 2015). Consecuentemente, durante el proceso de la primera medición, México encontró algunas dificultades técnicas debido a cambios metodológicos en las series de vegetación por lo que el país reconsideró presentar este reporte debido a las limitantes de los productos espaciales utilizados en el NRE evaluado. Además, por las mejoras metodológicas implementadas en la elaboración del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el sector USUUS en el marco de la 6ta CN (que también fue el insumo base para el BUR 2) que por primera ocasión, consideraron la evaluación de las incertidumbres de los datos de Actividad y la realización de ajustes de áreas a las series de vegetación basado en los

⁴ https://redd.unfccc.int/files/frel_mexico_modified.pdf

⁵ <https://unfccc.int/resource/docs/2015/tar/mex.pdf>

resultados de exactitud. Los resultados de estas mejoras metodológicas no fueron positivos, ya que mostraron un ligero aumento de la deforestación, sin embargo este dato se encuentra muy cerca del límite de confianza superior del análisis de incertidumbre, situación que no permite afirmar el ligero aumento de la deforestación o si éste es consecuencia de los ajustes metodológicos.

Por lo anterior, México inició a desarrollar mejoras sobre las metodologías de monitoreo para actualizar el nivel de referencia y el cálculo de sus incertidumbres. Los ajustes han permitido mejorar los productos y e incrementar los alcances de las primeras versiones de MADMex, que constituye la herramienta principal del Sistema Nacional de Monitoreo Satelital (SaMoF). Dichas mejoras se fundamentan en las decisiones de la CMNUCC, tales como, la decisión 12/CP.17 que se refiere al desarrollo de los niveles de referencia, donde se acordó aplicar un enfoque de mejoramiento continuo (stepwise approach), permitiendo a las partes mejorar paso a paso sobre la incorporación de datos y metodologías actualizadas. Por otro lado, se menciona que para la construcción de los Sistemas Nacionales de Monitoreo Forestal (SNMF), se debe considerar transparencia y consistencia temporal para que sea posible la medición, reporte y verificación de las emisiones antropogénicas de los bosques (11/CP.19), y más adelante se recomienda que tengan la opción de flexibilidad para permitir mejoras (11/CP.19 inciso 4.c). Adicionalmente, México buscaría realizar este ejercicio en el menor tiempo posible a fin de cumplir con los tiempos de reporte y aprovechar las ventanas de financiamiento internacional de pagos por resultados.

A continuación se describen algunas opciones y métodos para apoyar al gobierno de México sobre la decisión de la fecha de entrega más conveniente para ingresar un nivel de referencia actualizado tomando en cuenta el calendario de reporte de los Informe Bienal de Actualización que México pretende seguir. Se hace un análisis temporal sobre las opciones para ingresar al piloto de pago por resultados del FVC, pero además se analizan las opciones metodológicas y los tiempos necesarios para desarrollarlos adecuadamente.

2. Directrices del Pago basados en Resultados de REDD+ en el Fondo Verde del Clima (FVC)

La ventana de pago de resultados de REDD+ ante el FVC está operativa. Las directrices se establecieron por decisión de la 18ª reunión de la Junta y están detalladas en los Términos de Referencia del programa de pagos por resultados de REDD+ (GCF, 2018). En ellos se establece que con el fin de cumplir el objetivo de movilizar rápidamente el pago por resultados para REDD+, generar lecciones, minimizar la complejidad del programa y la exposición financiera del FVC, el proyecto piloto considerará los PPR ex-post logrados después de la adopción del Marco de Varsovia para REDD+ en diciembre 2013 y antes del 31 de diciembre de 2018. El programa piloto estará vigente por un periodo de 5 años, desde octubre de 2017 hasta la última reunión de la Junta Directiva en 2022.

El proceso de aprobación de propuestas consiste en dos etapas:

- i. Entrega y evaluación de una nota conceptual para recibir el pago por resultados
- ii. Entrega y evaluación de una propuesta completa (full proposal)

La nota conceptual (primera etapa) se debe enviar utilizando los formatos desarrollados por el FVC. Dicha nota se evalúa mediante la tarjeta de puntuación en su versión simplificada para la primera fase (*first stage scorecard* en inglés), la cual consiste en una evaluación sobre el cumplimiento de los 5 requisitos de la CMNUCC que se describen en la introducción. Adicionalmente, al momento de entregar la nota conceptual, los resultados de REDD+ sobre los cuales se solicita el pago, debieron ser enviados en un Anexo Técnico del Informe Bienal de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), el cual debe contar con el análisis técnico final (ICA) o al menos con una indicación de cuando éste será completado. Si el análisis técnico del Anexo técnico del BUR no fue completado

durante la presentación de la nota conceptual, deberá ser presentado antes de la propuesta completa (full proposal).

Posteriormente, durante la segunda etapa, se invita a los países elegibles (por puntuación de la nota conceptual) a enviar una propuesta completa (full proposal) de financiamiento de pago por resultados (PPR) al FVC. La Junta considerará las propuestas tomando en cuenta: i) las recomendaciones de un Panel Independiente de Asesoramiento Técnico (ITAP, por sus siglas en inglés), que incluye los resultados de la evaluación de la tarjeta de puntuación, y ii) una evaluación de la Secretaría sobre la consistencia con las políticas del FVC. La revisión que hace el ITAP de la propuesta con base en la segunda etapa de la tarjeta de puntuación incluida en los TdRs del programa piloto, la cual asigna puntos a criterios específicos. La base para la mayoría de los criterios de la ficha de puntuación son los hallazgos de la evaluación técnica de la CMNUCC del FREL y el análisis técnico de los resultados de REDD+ en el BUR. De hecho, los TdRs requieren que un experto en USCUS de la lista de la CMNUCC participe en el ITAP para revisar las propuestas de PPR de REDD+.

Basado en lo anterior, la figura 1A muestra un escenario asumiendo que México está preparado para ingresar un nivel de referencia en enero de 2019, donde se puede observar una línea de tiempo hipotética para presentación de documentos y evaluaciones hasta la entrega de la propuesta completa al FVC.

La línea de tiempo inicia con la entrega del BUR 2, el cual según el INCECC se presentará en noviembre de 2018. En enero de 2019 se ingresaría el NERF actualizado, fecha en la cual iniciaría el proceso de evaluación, el cual puede tomar entre 9-10 meses, por lo que podría concluir aproximadamente en noviembre de 2019. El anexo técnico sobre resultados de la reducción de emisiones se presentaría en el BUR 3, el cual podría entregarse como mínimo en noviembre de 2020 o inicio de 2021, asumiendo 2 años exactos, para lograrlo se debe tomar en cuenta la solicitud de recursos y el tiempo de endoso de todas las agencias participantes. Si se logra lo anterior, continúa el proceso de Consulta y Análisis Internacional (ICA, por sus siglas en inglés) cuyo marco de tiempo es máximo de 12 meses, es decir, podría estar listo para diciembre de 2021. La nota conceptual se podría ingresar en junio de 2021. La propuesta completa se iniciaría a preparar al finalizar la nota conceptual. El tiempo de entrega de la propuesta completa (*full proposal*) podría alcanzar el límite indicado por el FVC o sea antes de finalizar 2022.

En la figura 1B se muestra un escenario más conservador, es decir asumiendo la entrega del nivel de referencia en enero de 2020. La línea de tiempo inicia con la entrega del BUR 2 en noviembre de 2018, tal como en el escenario anterior. El Nivel de referencia se entregaría en enero de 2020, y la evaluación técnica se esperaría para finales de ese mismo año o inicios de 2021. Si se asumen 2 años exactos para la entrega anexo técnico del BUR 3 (ver condiciones expuestas del escenario anterior), el proceso ICA igualmente puede terminar en diciembre de 2021, la entrega de la nota conceptual podría ser simultánea en diciembre de 2021 y la propuesta completa podría realizarse antes de finalizar diciembre de 2022.

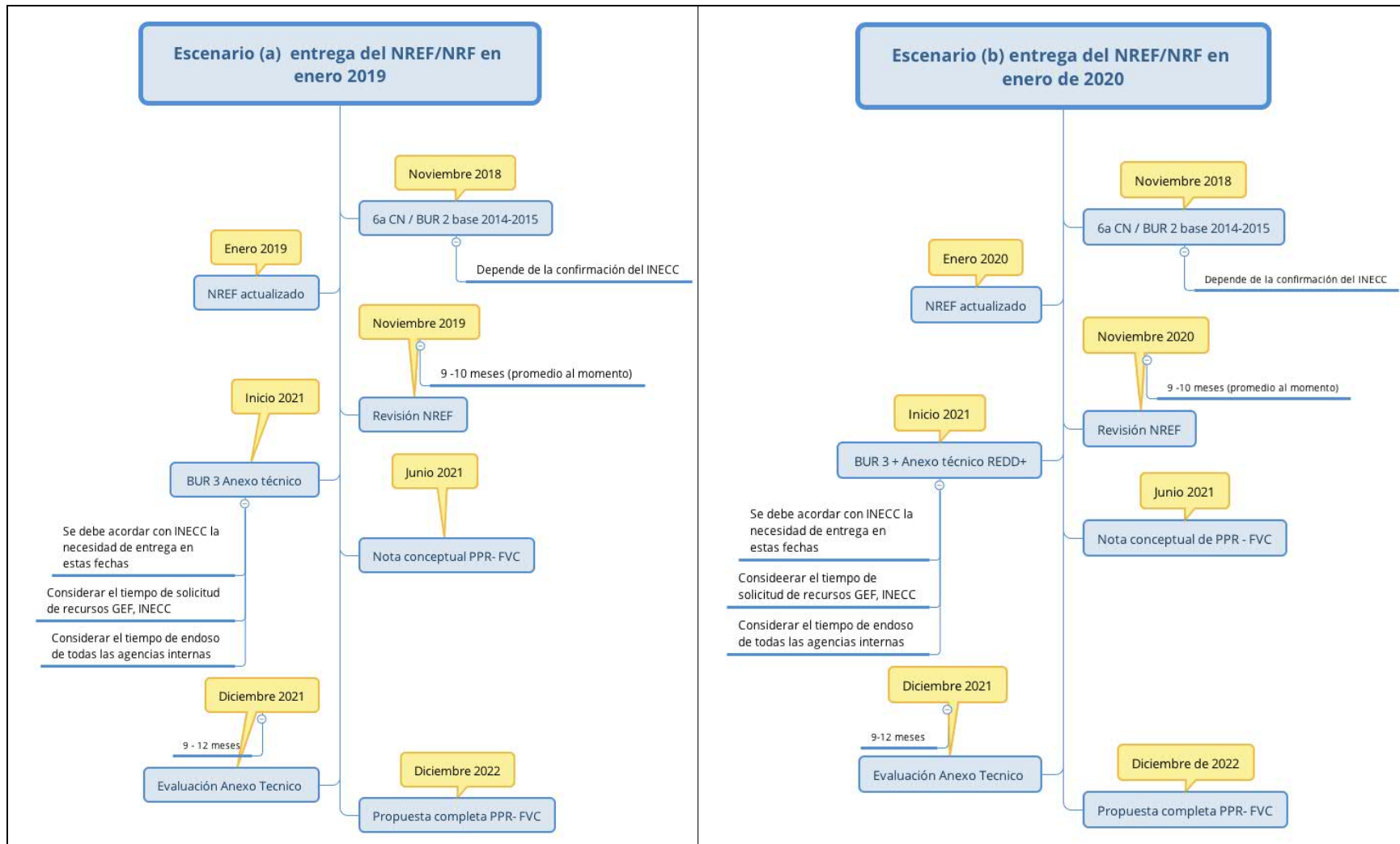


Figura 1. Opciones de participación en el piloto de pago por resultados ante el Fondo Verde del Clima (FVC)

3. Análisis de oportunidad y limitantes de los escenarios para presentar el nivel de referencia

Escenario A. Entrega del nivel de referencia actualizado en enero de 2019

Oportunidad	Limitantes
<ul style="list-style-type: none"> México podría eventualmente participar en la ventana de pago por resultados con un nivel de referencia basado en los años 2004-2013 (10 años) y realizar una evaluación de resultados de hasta 4 años, correspondiente de 2014 a 2018. 	<ul style="list-style-type: none"> Se presenta un nivel de referencia apresurado y por lo tanto con el riesgo sobre la calidad de la información y consistencia. Esto puede llevar a una menor puntuación de parte del ITAP GCF y por lo tanto un menor pago. Las metodologías para elaborar el nivel de referencia son complejas y es una buena práctica validarlas durante el proceso, pero en corto tiempo no existiría esa oportunidad. El hecho de encontrarse en un período de transición de gobierno, presentar un nivel de referencia apresurado puede ser contraproducente si las nuevas autoridades no están de acuerdo con las decisiones tomadas previamente.

Escenario B. Ingresar el nivel de referencia actualizado en 2020

Oportunidad	Limitante
<ul style="list-style-type: none"> Al igual que el escenario A, México podría eventualmente participar en la ventana de pago por resultados con un nivel de referencia basado en los años 2004-2013 (10 años) y realizar una evaluación de resultados de hasta 4 años, correspondiente de 2014 a 2018. Mayor tiempo para mejorar algunos de los procesos del sistema SaMoF e incorporar rutinas de control calidad mapara para el desarrollo del nivel de referencia. Mayor tiempo socialización y entendimiento sobre las mejoras al SaMoF (que incluye MADMex). Mayor oportunidad de mejorar la integración de los enfoques metodológicos de los niveles de referencia de escala nacional y el nivel de referencia de la IRE. Mayor tiempo para hacer mejoras aumentado el puntaje posible en la ficha de puntuación y el monto de pago por resultado asociado. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo más ajustado entre la entrega del NREF/NRF y los pasos siguientes para alcanzar la ventana de financiamiento piloto del FVC Existe más riesgo por ingresar en el cohorte tardío de propuestas al programa piloto, y la disponibilidad de fondos no estaría garantizada

4. Opciones metodológicas para actualizar el nivel de referencia

El NREF/NRF es el punto de partida para evaluar el desempeño de los países en la implementación de las actividades REDD+. Luego de ser enviados a la CMNUCC, serán utilizados para medir las reducciones de emisiones del país como resultado de la implementación de la ENAREDD. Esto implica que las decisiones metodológicas que se decidan en el nivel de referencia son las mismas para decidir sobre el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (NFMS), ya que éste será el instrumento de medición y estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero

del sector de agricultura bosques y cambio de uso de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) que incluye los efectos de las acciones de REDD+ en términos de reducción de emisiones y remociones. Además, en un enfoque multipropósito y costo eficiente, se recomienda que el SNMF deberá ser capaz de medir los progresos de co-beneficios por la implementación de acciones de mitigación, progresos en adaptación, los logros de las metas de desarrollo sostenible y apoyar el desarrollo de propuestas de financiamiento con información robusta.

Por las razones anteriores, las decisiones metodológicas sobre el desarrollo del nivel de referencia son muy importantes porque tendrá implicaciones a largo plazo.

Como se expuso en el capítulo 1 sobre los avances de México para la actualización del nivel de referencia para REDD+, la información crítica a mejorar es sobre los cambios que ocurren por la deforestación de los bosques. Estos datos son denominados por el IPCC (2006) como Datos de Actividad (DA).

Al momento México ha planteado dos opciones metodológicas sobre la medición de los [DA](#) para actualizar el nivel de referencia:

- a) Análisis espacial exhaustivo pared a pared
- b) Muestreo con base en una malla de referencia

Con base en el documento de la FAO (2018) sobre Sistemas Nacionales de Monitoreo Forestal para REDD+, se proporcionan las siguientes recomendaciones para el diseño e implementación de los SNMF multipropósito, robustos, precisos, complementarios entre el uso de sensores remotos e información de campo, consistentes entre las estimaciones de los inventarios GEI asociados con las actividades REDD+, y transparentes para facilitar la verificación de las estimaciones.

En este documento se hace referencia a la Guía de Buenas Prácticas del IPCC (2003), el cual define DA como la magnitud de la actividad humana resultante en emisiones o remociones que tienen lugar durante un período de tiempo determinado. El IPCC propone tres "enfoques" para generar DA cuando se refiere a los cambios de uso de la tierra. Estos enfoques no se presentan jerárquicamente y no son mutuamente excluyentes, es así que las entidades nacionales responsables de construir los Invenarios de Gases de Efecto Invernadero (IGEI) deben seleccionar un enfoque de acuerdo con las circunstancias y capacidades nacionales.

Enfoque 1: Espacialmente no explícito. No apropiado para seguimiento de actividades REDD+ en tanto que solo produce estimaciones netas de áreas de cambios al no permitir la medición de cambio entre los usos de la tierra dentro de las unidades geográficas.

Enfoque 2: Aunque permite la estimación bruta y neta de los cambios de área entre usos de la tierra específicos, las ubicaciones de los cambios de uso no se pueden rastrear.

Enfoque 3: Se puede rastrear las conversiones entre categorías de uso espacialmente explícitas. Permite la estimación de cambios brutos y netos de la superficie entre categorías para detectar deforestación y reforestación. **Para este enfoque se pueden utilizar técnicas de muestreo o análisis espacial pared a pared** (FAO, 2018).

México ha optado por el enfoque 3 para desarrollar el nivel de referencia y el sistema nacional de monitoreo forestal, y según la recomendación anterior, es factible utilizar cualquiera de las dos metodologías que se han planteado para actualizar el nivel de referencia.

A continuación se desarrolla una descripción de las características de cada método, además se plantean algunas condiciones que deben considerar para decidir sobre el procedimiento a seguir.

a) Análisis espacial exhaustivo pared a pared sobre los cambios en la cobertura por deforestación

Existen tres procedimientos o métodos que se han probado para desarrollar análisis de cambio por deforestación utilizando análisis espacial exhaustivo pared a pared:

- comparación de mapas de “cobertura” independientes;
- desarrollo de un mapa de bosque-no bosque inicial y seguimiento de los cambios de cobertura periódicamente con interpretación visual;
- desarrollo de mapa de cambios mediante algoritmos automatizados y ajustes con apoyo de interpretación visual.

Para el nivel de referencia de México que se encuentra ingresado a la CMNUCC se utilizó el procedimiento de comparación de mapas de cobertura independientes mediante las series de vegetación INEGI, con las limitaciones expuestas en la introducción, por lo que la propuesta de mejora implica la aplicación del **procedimiento de mapa de cambios**, que se describe a continuación.

Características:

- Significa analizar cambios de cobertura de toda la superficie del país con imágenes de satélite de forma exhaustiva.
- Se basa en análisis de modelos espaciales que buscan la representación real de los cambios que ocurren en el terreno.
- El área de cambio de cada clase se obtiene mediante la sumatoria de todos los píxeles de cada clase.
- Se obtienen productos cartográficos o mapas de cambio con los resultados de los análisis, los cuales son importantes para acciones de implementación de acciones sobre el territorio.
- El análisis se realiza con imágenes de mediana resolución (Landsat), porque una mayor resolución es muy costoso debido que se tienen que analizar muchas más imágenes, debido al tamaño del país.
- Si se utiliza un procedimiento semi-automatizado requiere una revisión visual por intérpretes experimentados durante la etapa de segmentación y edición.

Consideraciones:

- Se debe estimar la exactitud del mapa de cambio por deforestación resultante.
- Para lo anterior se debe realizar un análisis por muestreo, que se refiere a la selección de pequeñas áreas o ventanas cuya distribución debe basarse en un diseño estadístico robusto y costo-eficiente. Cada ventana de la muestra se analiza visualmente con intérpretes experimentados, estos análisis se pueden realizar con imágenes de alta resolución, pero si faltaran, existen métodos para utilizar imágenes de mediana resolución (Olofsson, 2014, Cohen 2010)

Flujo de procesos y tiempo de desarrollo:

En el Anexo 2, se presenta el flujo de procesos para el desarrollo de análisis espacial exhaustivo a través de mapas de cambio, para el cual existen dos procedimientos:

a.i) Semi-automatizado (Anexo 2.1): intérpretes experimentados realizan un post-procesamiento mediante edición de los polígonos de las clases de cambio definidas. El tiempo mínimo es 4 meses y una semana, pero si la exactitud no es aceptable puede requerir 2 meses y 2 semanas adicionales. Este tiempo está calculado para cada mapa de cambio, es decir que se aplica a cada una de las fechas de cambio del análisis histórico (p.e. 2000-2003, 2003-2011, 2011-2014). Posterior a la edición se tiene que calcular la exactitud de cada mapa y si no es suficiente se debe regresar a realizar un nuevo post-procesamiento supervisado por los intérpretes y se repite el proceso para estimación de áreas y exactitud del mapa.

Ventaja: utiliza un post-procesamiento supervisado con intérpretes entrenados, lo que es una ventaja cuando los algoritmos no son totalmente sensibles y generan muchos falsos cambios.

Desventaja: Requiere mejorar algunos procedimientos que apoyan la reducción de falsos cambios, lo que facilita el post-procesamiento supervisado.

a.ii) Automatizado (Anexo 2.2): la discriminación de clases de cambio se basa en algoritmos automatizados y de una serie de puntos de control obtenidos a través de muestras con imágenes de alta resolución. Se requiere cerca de 2 meses y 3 semanas por mapa de cambio, pero se requieren varias iteraciones hasta lograr la meta de exactitud, cada iteración adicional dura 2 meses cada una.

Ventaja: cada iteración o ciclo de análisis es más rápido. Puede llegar a ser muy rápido si se tienen algoritmos y procedimientos que minimicen los falsos cambios.

Desventaja: requiere alta calidad de los algoritmos para evitar los falsos cambios y funcionará mejor con suficientes puntos de control de alta calidad. Si no se cumple las condiciones anteriores se tendrán que hacer tantas iteraciones como necesario, por lo que no se tiene certeza de la duración del análisis. Los algoritmos existentes aún no son tan poderosos como para obtener los resultados deseados.

b) Muestreo con base en una malla de referencia

Es un método que permite el cálculo de superficies utilizando teorías de muestreo estadístico. El fundamento es el mismo sobre los que se basa el cálculo de la exactitud de un mapa. Para la estimación de niveles de referencia ha sido un método poco explorado, actualmente solamente Papua Nueva Guinea y Mozambique han presentado sus NR utilizando estos métodos. En la región de Mesoamérica, lo están ensayando Costa Rica, Nicaragua, República Dominicana y Guatemala. Un ejemplo analógico sobre el uso de este método en relación a los mapas pared a pared, son los censos poblacionales. Durante muchos años en países como Estados Unidos, Australia y otros, se realizaban encuestas a toda la población de hogares, sin embargo, cuando fue necesario ampliar las preguntas y hacerlas con más frecuencia, los costos eran muy altos, por lo que se empezaron a emplear encuestas por muestreo, es decir, solamente se entrevistaba a un porcentaje de la población. Ese porcentaje se determinaba mediante procedimientos estadísticos, según las metas de precisión deseadas (por ejemplo, 5% de error a un nivel de confianza del 95%) (Cocran, 1977). En el caso de los cálculos de superficies, la población estadística es la superficie total del país y los elementos a medir son los cambios de uso de la tierra, estos cambios se pueden medir mediante muestreo, para ello, se tiene que determinar cuál es el número de ventanas o muestras que se requieren para alcanzar las metas de precisión. El uso de este método se está expandiendo, debido a que algunos

autores lo han recomendado como una alternativa para el cálculo de áreas, ya que si se aplica un diseño de muestreo apropiado las variaciones son pequeñas (Olofsson, 2014).

Características:

- Consiste en el análisis visual de imágenes de satélite en pequeñas áreas o ventanas distribuidas en toda la superficie del país.
- El número de muestras debe ser representativo y sensible a los elementos que queremos medir. En el caso de la medición de la deforestación de REDD+ las variables a medir son los cambios de bosque a otros usos de la tierra, es decir las 17 clases que aparecen en el Anexo 1.
- Se puede utilizar como malla de referencia, la malla del IFNyS que tiene 26,220 puntos.
- Para el análisis visual se pueden utilizar imágenes de satélite de alta resolución o fotografía aérea utilizando herramientas como Collect Earth; o imágenes de satélite de mediana resolución (Landsat) (Cohen, 2010), o una combinación de ambos como se discute en algunos de los países que están implementando el método.
- Los resultados que se obtienen son estimaciones tabulares de la superficie de cambio de cada clase y sus incertidumbres, expresados en los intervalos de confianza.
- Las estimaciones resultantes pueden ser utilizados para calcular el nivel de referencia de forma directa.

Consideraciones:

- No genera un mapa, pero la información de las ventanas puede ser utilizada como dato de entrenamiento para la construcción de los mapas, siguiendo los procedimientos del método de análisis exhaustivo pared a pared.
- Este método no sustituye a los productos generados por el sistema SaMoF, sino que lo complementa, ya que apoya a mejorar la generación de mapas, y como parte del procedimiento de mejora continua proporciona una opción de cálculo de áreas optimizada.
- Para implementarlo existen dos opciones i) sin pre-estratificación, y ii) con pre-estratificación. Si la representatividad de las clases menos frecuentes o con alta variabilidad utilizando la malla de referencia del IFNyS es suficiente para alcanzar las metas de precisión, se utiliza la opción i. Por el contrario, si algunas clases no alcanzan las metas de precisión, se recomienda la opción ii.

Fjuo de procesos y tiempo de desarrollo:

En el Anexo 3, se muestra el flujo de procesos resumido para desarrollar el muestreo con base en una malla de referencia, la cual puede tener dos variantes:

b.i) Sin pre-estratificación (Anexo 3.1): Se realiza utilizando la malla de referencia de 26,220 puntos del IFNyS sin intensificación en áreas de mayor cambio. Tiempo total 3 meses y 3 semanas para el periodo 2000-2014. Pero si algunas clases no alcanzan la precisión deseada se requiere aplicar la opción ii) con pre-estratificación. El tiempo estimado considera el trabajo con 10 personas con experiencia bien entrenados en interpretación visual (cada persona puede realizar en promedio 10 puntos por hora).

Ventaja: Si las clases están bien representadas en la malla de referencia del IFNyS, es más rápido.

Desventaja: Áreas de cambio poco representadas o con mucha variabilidad, pueden tener alta incertidumbre, por lo que se debería aplicar la opción ii).

b.ii) Con pre-estratificación (Anexo 3.2): Se toma una muestra inicial para calcular el número de puntos necesarios para áreas de cambio poco representadas y se intensifica la muestra para estas clases con el apoyo de un mapa de cambios. Se requieren 4 meses y 2 semanas.

Ventaja: el análisis es más preciso, en tanto que la pre-estratificación busca agrupar las superficies con comportamiento similar en la variabilidad.

Desventaja: toma más tiempo, aproximadamente se toma 4-5 meses para cada par el periodo 2000-2014. El tiempo estimado considera el trabajo con 10 personas con experiencia y bien entrenados en interpretación visual.

En la figura 2, se resumen las opciones metodológicas y los tiempos estimados. Actualmente la Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación ha avanzado con los métodos a.i) y b.i). Sin embargo deben considerar los tiempos estimados. Si no se han cumplido parte de los pasos que se describen en los anexos 2 y 3, así como las consideraciones que se describen a continuación, la entrega del nivel de referencia en enero de 2019 no sería posible. Por lo que la sugerencia sería entregar el nivel de referencia en enero de 2020, para tener una mayor flexibilidad para revisar y analizar los hallazgos con cada uno de los métodos.



Figura 2. Resumen de opciones metodológicas para actualización del nivel de referencia

Consideraciones importantes sobre los tiempos estimados para todos las opciones metodológicas:

Para todos los métodos y sus variantes, se asume que las categorías de uso y cambio están definidas con objetividad y criterios medibles. Además, **el flujo no contempla** el tiempo necesario para:

- Contratación de personal
- Discusión técnica sobre cualquier ajuste metodológico y discusión con las instituciones relevantes
- Análisis completos del nivel de referencia, ni la redacción del documento.

5. Opción de aplicación de los métodos para mejoras en el Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SaMOF)

Con base en las recomendaciones de la CMNUCC México demuestra la plena voluntad de mejorar la transparencia, consistencia y precisión de las estimaciones de la reducción de emisiones de las actividades REDD+ a las cuales desea participar en un esquema de pago por resultados. Por esta razón, el planteamiento de ajuste al nivel de referencia es válido en un marco de mejora continua. Las limitaciones metodológicas experimentadas en México, también han ocurrido en otros países como Costa Rica y Guatemala, por lo que también han optado por mejoras metodológicas similares. Esta situación no es una coincidencia, ya que el desarrollo de los sistemas de monitoreo son complejos y una de las limitaciones del pasado era el fácil acceso a conjuntos históricos de imágenes de satélite de alta resolución. Esto no permitía que las metodologías se discutieran y desarrollaran hasta lo que la comunidad científica discute actualmente en la búsqueda de soluciones para el monitoreo en tiempo pasado y que sea consistente con la medición futura.

Las opciones metodológicas presentadas en los acápites anteriores se pueden utilizar para mejorar la información de datos de actividad y no son excluyentes, es decir que son complementarias. El uso de una malla de referencia permite una colecta de datos de forma ordenada para el desarrollo de mapas. Los datos colectados tienen dos funciones importantes, la primera proporcionar un set de datos de entrenamiento para el mejor funcionamiento de los algoritmos para la detección de uso actual o cambio de cobertura en el territorio; y la segunda para obtener un set de datos para la validación de mapas. Adicionalmente con estos datos se puede realizar la estimación de superficies y sus incertidumbres de forma óptima, si se desarrolla un diseño de muestreo robusto (Olofsson, 2014).

Por lo que si se continúan desarrollando de forma paralela tanto el enfoque de análisis espacial exhaustivo, como el de malla de referencia, el SaMoF se fortalece. Por un lado iniciar la colecta de datos a través de la malla de referencia, permitirá realizar un primer análisis para estimación de áreas de cambio, y paralelamente continuar con el análisis espacial exhaustivo. Se sugiere evaluar nuevamente las opciones metodológicas de SEPAL de FAO (www.openforis.org) para tener la oportunidad de utilizar algunos de los conceptos y métodos de la herramienta para retroalimentar los procesos de MADMex, basado en el principio de mejoramiento continuo. Al concluir ambos procesos metodológicos a nivel nacional se pueden realizar comparaciones como las que se han desarrollado en los sitios piloto y desarrollar un análisis práctico de costo-eficiencia para tomar la decisión sobre el método más apropiado para el país.

Este esquema es un diseño de monitoreo integrado y mejorado, puede ser una solución para que México pueda actualizar el nivel de referencia de forma más robusta y transparente y a la vez mejorar el SAMoF.

6. Referencias

Cohen, W. Zhiqiang, Y. Kennedy R. 2010. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 2. TimeSync – Tools for calibration and validation. *Remote Sensing of Environment* 114 (2010) 2911 – 2924.

GCF. 2018. Terms of reference for the pilot programme for REDD+ results-based payments, disponible en: https://www.greenclimate.fund/documents/20182/1203466/Terms_of_reference_for_the_pilot_programme_for_REDD_results-based_payments.pdf/e26651fc-e216-c8b0-55a1-8eea16a90f39

Gobierno de México. Mexico's Forest Reference Emission Level Proposal. Modified version. Disponible en: https://redd.unfccc.int/files/frel_mexico_modified.pdf. Revisado: 1 oct, 2018.

FAO, 2018. National Forest Monitoring System for REDD+. NFMA Working Paper No. 47. Rome, Italy. 40 p.

Olofsson, P. Foody, G. Herold, M. Stehman, S. Woodcock, C. Woolder, M. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment 148 (2014) 42-57.

Penman, J. et al. (Ed.). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Hayama: IGES, IPCC, 2003. 590 p.

UNFCCC. 2015. Report on the technical assessment of the proposed forest reference emission level of Mexico submitted in 2014. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/tar/mex.pdf>. Revisado: Sep 18, 2018.

UNFCCC. Key decisions relevant for reducing emission from deforestation and forest degradation in developing countries (REDD+): decision booklet REDD+. [S.l.], 2014a. Available from: <https://unfccc.int/files/methods/application/pdf/compilation_redd_decision_booklet_v1.1.pdf>. Access on: Sep 18, 2018.

Anexo 1.

Categorías de cambio por deforestación según el IPCC

Sin cambio por deforestación

Clase IPCC año 0	Clase IPCC año 10	Tipo de Cambio
Tierras Forestales	Tierras Forestales	No hay cambio por deforestación
Agricultura, pastizal, asentamiento, humedal u otras tierras	Agricultura, pastizal, asentamiento, humedal u otras tierras	No hay cambio

Deforestación

Cambios que ocurren de las tierras forestales a cualquiera de las otras categorías de IPCC

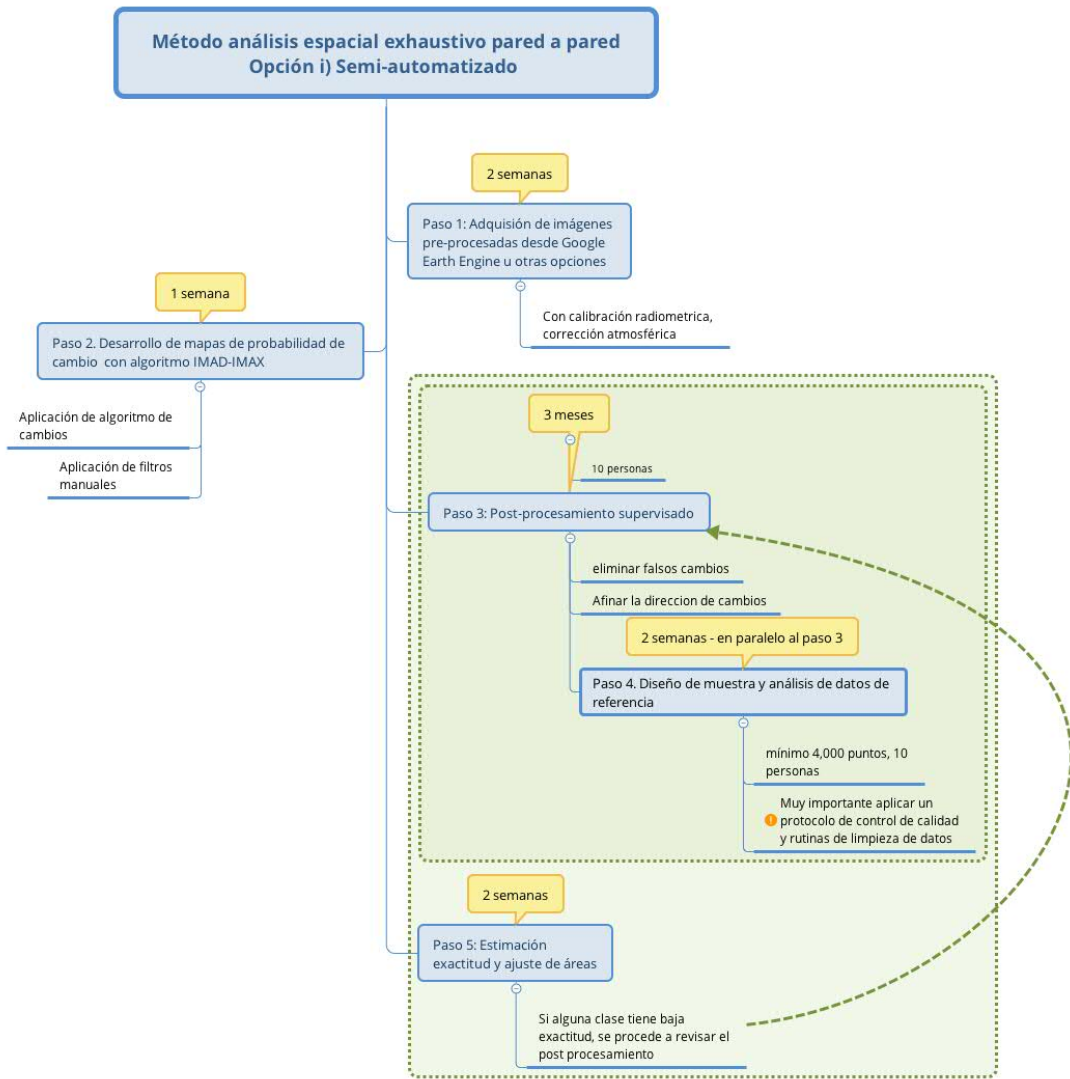
No.	Clase IPCC año 0	Clase IPCC año 10
1	Tierras Forestales	Agricultura
2	Tierras Forestales	Pastizales
3	Tierras Forestales	Asentamiento
4	Tierras Forestales	Humedales (no mangle)
5	Tierras Forestales	Otras Tierras

Cambios en otras tierras no forestales

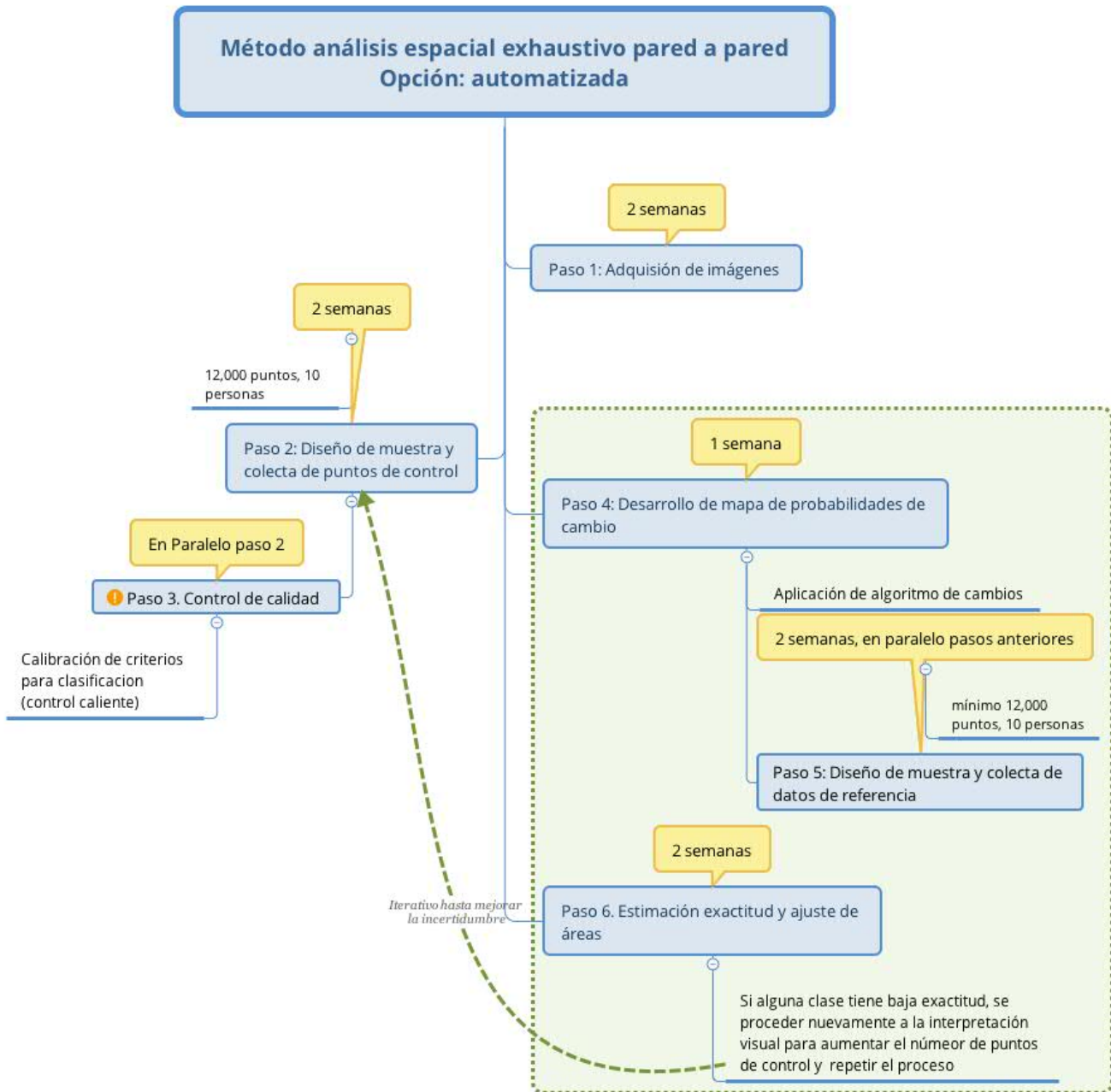
No.	Clase IPCC año 0	Clase IPCC año 10
6	Agricultura	Agricultura
7	Agricultura	Pastizales

8	Agricultura	Asentamiento
9	Agricultura	Humedales (no mangle)
10	Agricultura	Otras Tierras
11	Pastizales	Pastizales
12	Pastizales	Asentamiento
13	Pastizales	Humedales (no mangle)
14	Pastizales	Otras Tierras
15	Asentamiento	Asentamiento
16	Asentamiento	Humedales (no mangle)
17	Asentamiento	Otras Tierras
18	Humedales	Humedales (no mangle)
19	Humedales	Otras Tierras
20	Otras tierras	Otras Tierras

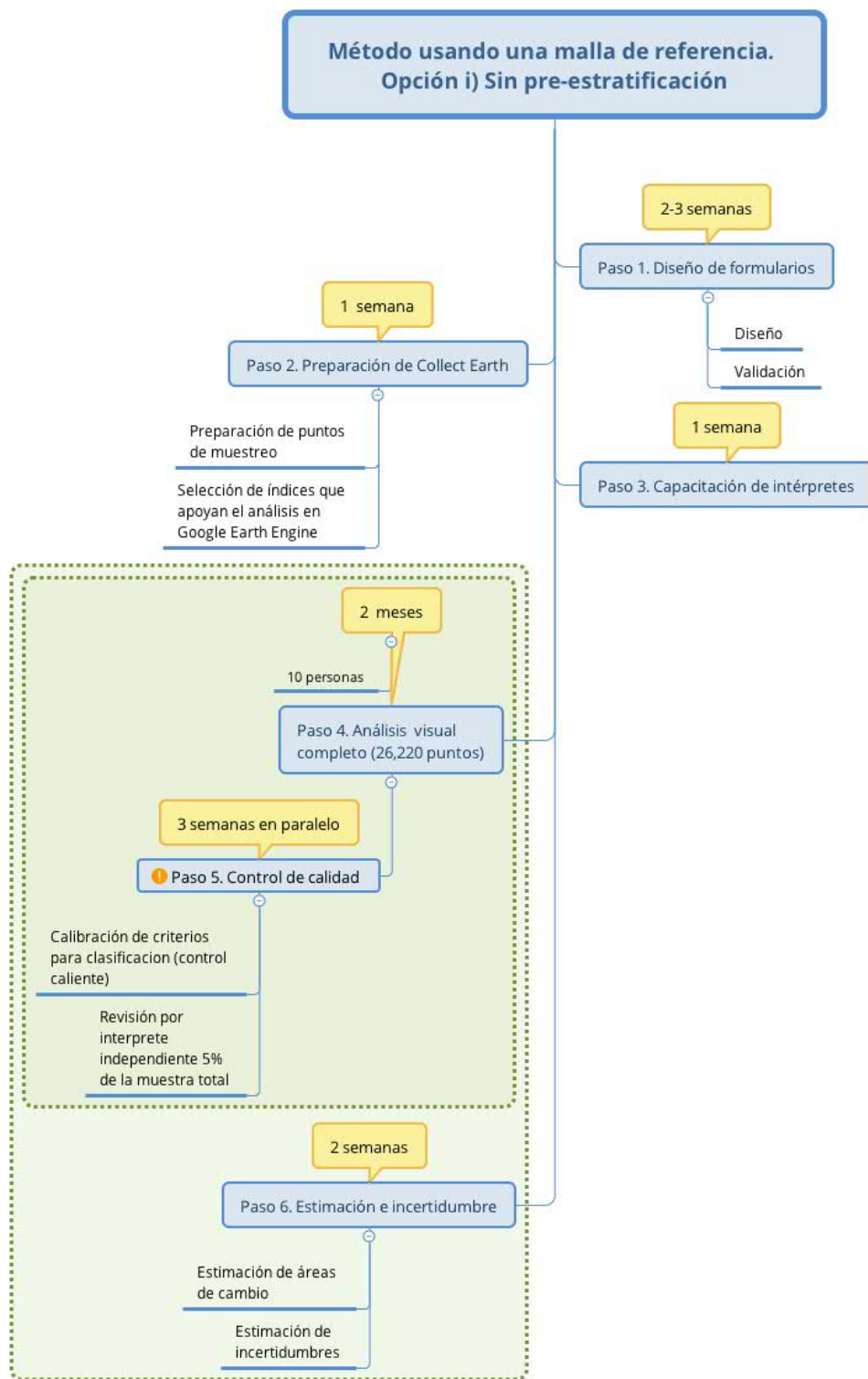
Anexo 2.i. Método de análisis espacial exhaustivo pared a pared con mapa de probabilidad de cambios, opción i) semi-automatizada, utilizada por la herramienta MADMex. El tiempo mínimo es 4 meses y una semana por mapa de cambio, pero si la exactitud no es aceptable puede requerir 2 meses, 2 semanas adicionales.



Anexo 2.ii. Método de análisis espacial exhaustivo con mapa de probabilidad de cambios, opción ii) automatizado. Utilizada por la herramienta SEPAL. Se requiere cerca de 2 meses y 3 semanas por mapa de cambio, pero se requieren varias iteraciones hasta lograr la meta de exactitud, cada iteración adicional dura 2 meses cada una.



Anexo 3.i. Flujo de procesos del método de malla de referencia, opción i) sin pre-estratificación. Tiempo total 3 meses y 3 semanas. Pero si algunas clases no alcanzan la precisión deseada se requiere aplicar la opción ii) con pre-estratificación.



Anexo 3.ii. Flujo de procesos del método de malla de referencia, opción i) con pre-estratificación. Se requieren 4 meses y 2 semanas.

Método con malla de referencia Opción ii) con pre-estratificación

