



**Informe Final de la Evaluación
de la Precisión del Mapa
Histórico de Deforestación del
Ecuador Continental 1990,
2000 y 2008**

Introducción

Como una herramienta para transparentar la validez de los Mapas Históricos de Deforestación del Ecuador Continental, se creó necesaria la estimación de la precisión de dichos mapas para los tres años de referencia considerados: 1990, 2000 y 2008. Para ello se utilizó una metodología acorde a la realidad tanto de los insumos como de los procesos llevados a cabo por el Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental, donde se recibió el apoyo técnico de FAO. El proceso seguido se detalla en el presente informe y en el Anexo 1 se describe más detalladamente la metodología empleada.

Para los propósitos de la estimación de la precisión de los mapas, un protocolo de muestreo aleatorio estratificado fue implementado para asegurar que todos los estratos estén incluidos en la muestra (Congalton 1999). Se utilizaron las mismas celdas seleccionadas del muestreo que se realizó para estimar la tasa de deforestación, que fue dividido en celdas con áreas iguales de 20 * 20 Km. (Enfoque de la cuadrícula de muestreo de la Encuesta mundial de teledetección de FRA) (FAO & JRC 2012). La variable utilizada para estratificar las celdas fue la deforestación calculada en el periodo 1990 - 2000 y 2000 - 2008. Utilizando el porcentaje de deforestación por celda y generando los intervalos por umbrales naturales se determinaron 3 estratos (alto, medio y bajo). Estas celdas representan la unidad de muestreo primaria (UMP) y el número total de UMPs seleccionadas por muestreo fue cerca del 30% del total. El área dentro de cada UMP fue dividida dentro de una unidad de muestreo secundaria (UMS) usando una grilla de 3 pixel por 3 pixel (90 m por 90 m; aproximadamente 1 hectárea).

Dentro de cada UMP un muestreo aleatorio simple de 25 UMS fue seleccionado para una evaluación independiente de la clasificación de la cobertura de la tierra. Los UMPs sin al menos el 80 % de cobertura debido a los gaps de información y aquellos UMPs localizados sobre la línea costera o límite territorial, fueron excluidos del análisis.

El análisis de la evaluación de la precisión implementó un proceso de interpretación independiente, donde un intérprete de imágenes con experiencia clasificó independientemente la cobertura para cada una de las 25 UMS de cada muestra. Se realizó en base a la leyenda del nivel 1 del proyecto del Mapa de Deforestación Histórica del Ecuador Continental, que contiene 7 códigos diferentes (0-6).

En el transcurso de este proceso de evaluación de la precisión que se ha realizado en base a la elaboración de mosaicos de la imágenes satelitales Áster y Landsat, se han unido los diferentes shapes de Cobertura y Uso de la Tierra (stacks) correspondientes a las tres épocas. Se ha contratado un consultor para el proceso de validación, todo este panorama previo para la obtención del cálculo de la precisión de los mapas generados por el proyecto MHD, para lo cual se han planteado una serie de pasos que se describen a continuación.

Metodología

INSUMOS

- Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra 1990, 2000 y 2008.
- Evaluación de clasificación nivel 1 de la leyenda.
- 4 Técnicos del MAE para la preparación de las diferentes celdas.
- Imágenes Landsat y Aster (1990-2000-2008).

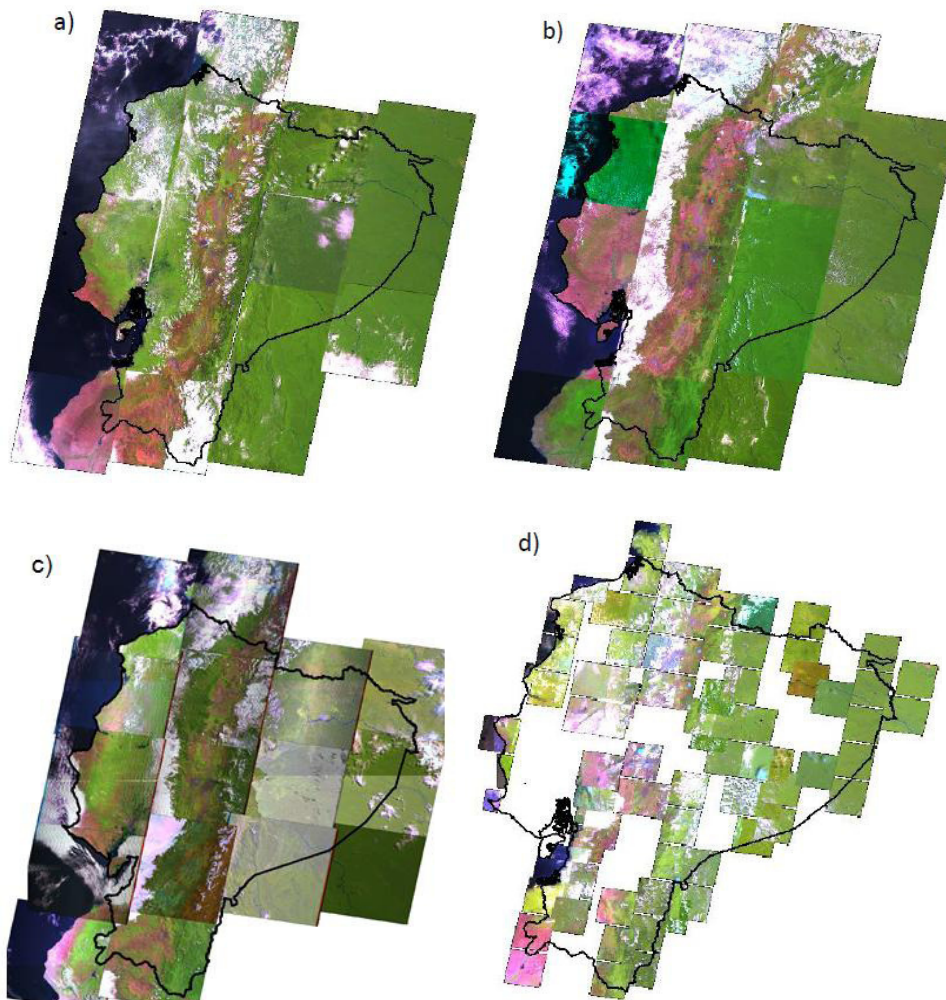


Figura 1. Imágenes Landsat y Aster: a) 1990 (LANDSAT), b) 2000 (LANDSAT), c) 2008 (LANDSAT) y d) 2008 (ASTER)

FASES

1. Selección de muestras – UMP

Para los propósitos de la estimación de la precisión del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental, un protocolo de muestreo aleatorio estratificado fue implementado para incrementar la precisión de los resultados. El muestreo estratificado aumenta la representatividad del muestreo, reduciendo el error y aumentando la precisión de la estimación (Congalton, 1999). Dentro de cada estrato, se aplica un muestreo aleatorio para la selección de la muestra.

Para el muestreo aleatorio estratificado se utiliza el siguiente procedimiento:

1) El Ecuador continental fue dividido en celdas con áreas iguales de 20 * 20 Km (Enfoque de la cuadrícula de muestreo de la Encuesta mundial de teledetección de FRA, FAO & JRC 2012) (**Figura 2**) resultando en 710 celdas para todo el territorio continental.

2) La variable utilizada para estratificar las celdas fue la deforestación calculada en el periodo 1990 - 2000 y 2000 - 2008, utilizando el porcentaje de deforestación por celda y generando los intervalos por umbrales naturales se determino 3 estratos (alto, medio y bajo). Como resultado se identificaron 92 celdas con alta deforestación, 195 con media deforestación y 423 con baja deforestación. El muestreo aleatorio estratificado permite aumentar la representatividad del muestro, reduce el error estadístico de muestreo, en otras palabras, aumenta la precisión de la estimación.

3) El número total de celdas seleccionadas por muestreo fue cerca del 30% del total correspondiente a 222 sitios fuera del total de las 710 celdas que cubren el Ecuador continental. El número total de celdas por muestreo fue derivado de la siguiente ecuación:

$$n(st) = \frac{t^2 * (wCV)^2}{A^2}$$

Fuente: U.S. Department of Agriculture. 2000. Forest Service Handbook, FSH 2409.12 – Timber Cruising Handbook, Washington, DC, 237 p.

Donde:

n(st) = número total de celdas para el muestreo

t=t-value

wCV= ponderación de los coeficientes de varianza para todos los estratos

$$wCV = \sum (vf_h * CV_h)$$

Se calcula:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Donde σ es la desviación estándar \bar{x} y en la media

vf_h = proporción de los cambios totales en un estrato h, de la población total

($vf_1 = 0,478$; $vf_2 = 0,424$; $vf_3 = 0,097$)

A= error del porcentaje admisible.

Esta ecuación determina el número total de celdas requeridas para alcanzar una cierta precisión estadística de la estimación, el error admisible aceptado para la precisión fue del 5%.

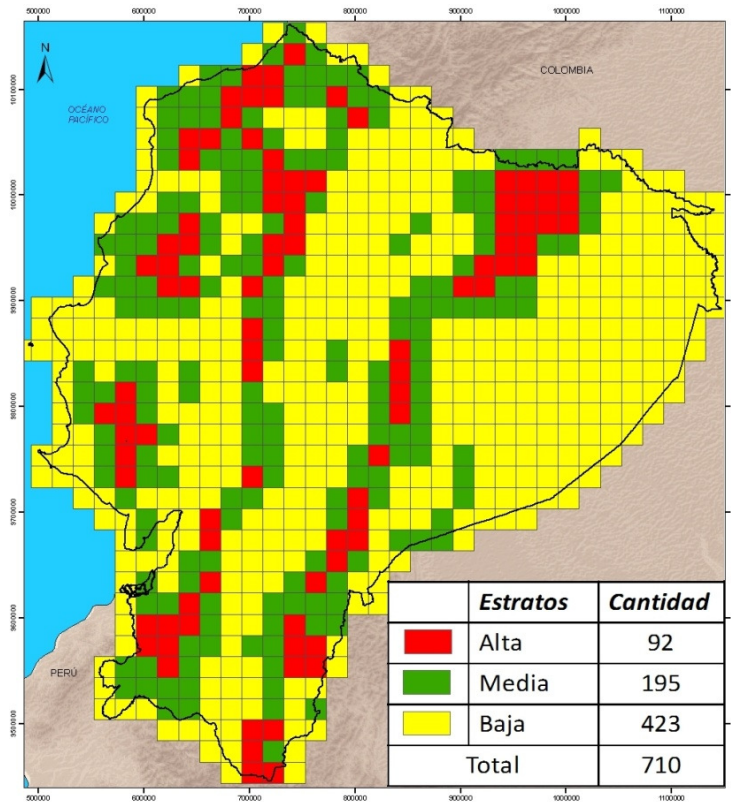


Figura 2. División del país por estratos: alta, media y baja prioridad. (Utilizando las tasas de deforestación histórica entre 1990 - 2000 y 2000 - 2008).

4) Las 222 celdas están distribuidas entre los 3 estratos (bajo, medio y alto) basándose en la ecuación de Neyman. Esta ecuación toma en cuenta la variabilidad de la tasa de deforestación dentro de cada estrato para definir el número óptimo de celda por estrato. Según esta ecuación, el tamaño óptimo de muestreo por el estrato h es:

$$n_h = \frac{n * (N_h * \sigma_h)}{\sum (N_i * \sigma_i)}$$

Donde:

N_h tamaño de muestreo por estrato h (numero de celdas por estrato)

n tamaño total del muestreo (número total de celdas) = 222

σ_h desviación estándar por estrato h

La identificación del número óptimo de celda por estrato resulta en 55 celdas (n_1) en el estrato de alta deforestación (total de 92 celdas (N_1); desviación estándar de 5,29 (σ_1)), 100 (n_2) en el estrato de media deforestación ($N_2=195$; $\sigma_2=4,52$) y 67 (n_3) en el estrato de baja deforestación ($N_3=423$; $\sigma_3=1,4$). Esto refleja la principal importancia de la variabilidad dentro de cada estrato (mayor desviación estándar en los estratos de alta y media prioridad). Este método de identificación del número óptimo de celda por estrato permite maximizar la precisión de la estimación en cada estrato (minimizar el error del muestreo en cada estrato)

De este muestreo de 222 celdas, posteriormente se descartaron 39 celdas utilizando dos criterios establecidos conjuntamente por el equipo de FAO y el equipo del proyecto del MHD, teniendo en cuenta las celdas que no cubrían al menos una proporción del 80% de cobertura de la tierra por la presencia de gaps de información y las celdas ubicadas en los límites geográficos del Ecuador. Por lo tanto el número de celdas utilizadas finalmente para la evaluación de la precisión fueron 183 celdas. (**Figura 3**)

Dentro de cada estrato, las celdas fueron seleccionadas por muestreo randómico simple.

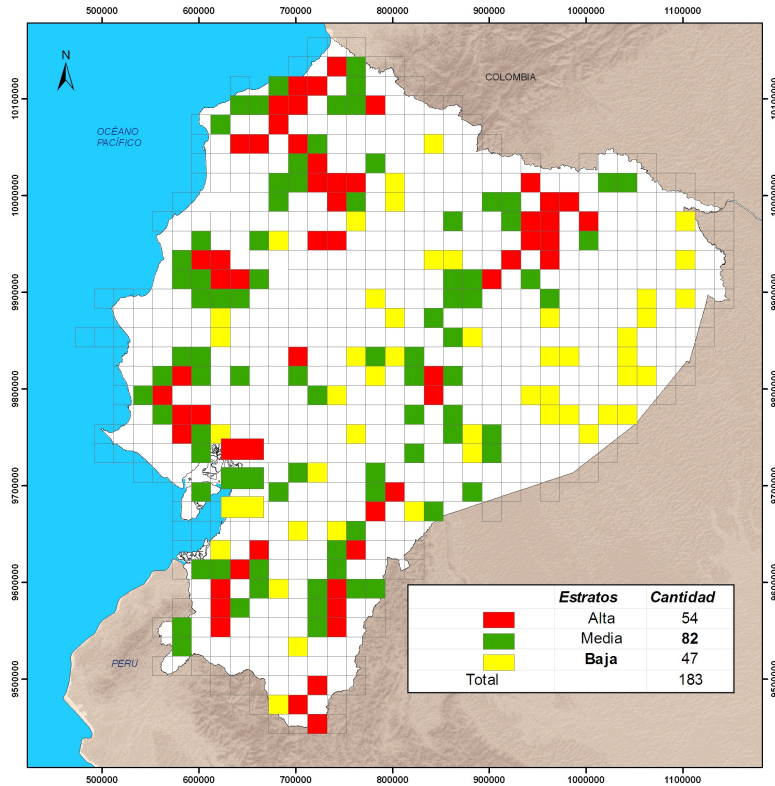


Figura 3. División del país en las celdas muestreadas






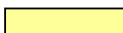





2. Cálculos de Precisión

Se realizaron los cálculos de precisión y error asociado mediante cálculos estadísticos y obteniendo una matriz de confusión ponderada en porcentaje, siguiendo una metodología estándar para este tipo de evaluaciones de la precisión, con el apoyo técnico de FAO. Dicha matriz se ponderó por estrato utilizando la probabilidad de inclusión en 2 etapas, según se detalla en el siguiente apartado: *estimación de precisión*. El dato final de precisión se calculó sumando las probabilidades de inclusión de los aciertos observados.

Diseño de respuesta

El diseño de la respuesta del estudio indica el método utilizado para determinar los acuerdos o desacuerdos con los datos de referencia. Se realiza una segunda interpretación de los objetos seleccionados dentro de las UMPs por parte de un consultor independiente. La unidad de verificación (UMS) es un grupo de 9 píxeles (celdas de 3x3 píxeles). Para cada una de las celdas (UMP), hay una grilla de 49729 cuadros (UMSs). Para cada UMP, 25 cuadros han sido seleccionados para la clasificación independiente. Para cada UMS, los acuerdos o desacuerdos permiten determinar la comparación del nivel de cobertura y uso de la tierra original con la interpretación independiente para las unidades de muestreo seleccionadas.

Se realizó la concordancia (acuerdo/desacuerdo) de acuerdo a la leyenda establecida por el programa Join Research Center (JRC) que se detalla en la siguiente figura, donde se resumen los colores, nombres de clases y códigos asociados a la leyenda Cobertura vegetal del suelo y Ocupación del suelo.

OCUPACIÓN DEL SUELO	CLASE	CÓDIGO	OCUPACIÓN DEL SUELO	CLASE	CÓDIGO
	BOSQUE	11		OTRA COBERTURA ARBÓREA	13
	OTROS SUELOS BOSCOSOS	12		HERBACEAS NATURALES	14
	OTROS USOS DEL SUELO	30		AGRICULTURA	15
	AGUA	18		EDIFICADO	16
	NO CLASIFICADO	99		SUELO NUDO	17
				HUMIDALES	19

Así, la correspondencia de los códigos de las dos leyendas expresadas anteriormente sería la siguiente:

LEYENDA DEL MAPA DE DEFORESTACIÓN		LEYENDA DEL SOFTWARE JRC - UNIFICADO	
LEYENDA	Códigos	LEYENDA	Códigos
Sin Información	0	Sin información	99
Bosque nativo	1	Bosques	11
Plantación forestal		Otros usos del Suelo	30 (12)
Tierras Agropecuarias	2	Otros usos del Suelo	30 (15)
Vegetación Arbustiva y Herbácea	3	Otros usos del Suelo	30
Cuerpos de Agua	4	Agua	18
Zona Antrópica	5	Otros usos del Suelo	30 (16)
Otras Tierras	6	Otros usos del Suelo	30

Para poder estandarizar la leyenda del Mapa Histórico de Deforestación de Ecuador Continental con la leyenda utilizada en el programa de Validación JRC, se han estandarizado los datos de las tablas de atributos, donde se cambia el código nivel 1 del MAE (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6) a los códigos que utiliza JRC para Uso de la Tierra (99, 11, 15, 12, 18, 16, 30).

Estimación de Precisión

Con el fin de calcular la precisión de los mapas de cobertura y uso de la tierra se utiliza la probabilidad de inclusión, que podría ser conocida por cada UMS.

La probabilidad de inclusión se refiere a la probabilidad de que una determinada UMS se encuentre dentro de una UMP seleccionada por muestreo. La probabilidad de inclusión en estratos específicos y la probabilidad para seleccionar cualquier UMS dentro de un estrato, pueden ser calculados como **el producto de la probabilidad de inclusión para cualquier UMP** (*Cuántos UMPs son seleccionados para el muestreo de salida del número total de UMPs en cada estrato*) y **la probabilidad de inclusión de cualquier UMS** (*Cuántas UMSs fueron seleccionados por cada UMPs*)

El estrato por probabilidad de inclusión es usado en conjunto con una matriz de error estándar para estimar la precisión por estrato y la precisión global ponderada para todo el país.

Si el número de celdas de 20*20 km en el estrato h es denominado **Kh** y el número de celdas seleccionadas por muestreo desde la ecuación de distribución óptima es denominado **n**, entonces la primera etapa de muestreo incluye probabilidades para cada

celda en el estrato h, es decir: $\pi 1h = n/Kh$

Cada UMP fue subdividida en una grilla de 49729 cuadros de 3 por 3 pixels (UMS). Dentro de cada UMP, 25 UMS fueron seleccionadas por muestreo aleatorio. Así la inclusión de probabilidades de cada UMS es denotada como $\pi 2h = 25/49729$

La probabilidad de inclusión para ambas etapas juntas por UMSs en el estrato h es el **producto de la inclusión de probabilidades para cada etapa:**

$$\pi ah = \pi 1h * \pi 2h$$

La inclusión de probabilidades difiere por estrato porque el número de UMPs por estrato son diferentes. Esto es representado por los pesos de la matriz de confusión para el cálculo de la precisión global del MHD. (Matriz de confusión ponderada en porcentaje).

Los cálculos completos detallados serían los siguientes:

$$\left((1|M_{pa}) * (x_{pa} * (1|PI_{pa})) + (1|M_{pm}) * (x_{pm} * (1|PI_{pm})) + (1|M_{pb}) * (x_{pb} * (1|PI_{pb})) \right)$$

M_{pa} = total de celdas de prioridad alta: 92 de las 710 (kh) / total cuadros grilla 3x3: 49729

X_{pa} = conteo combinación prioridad alta (matrices) para esa combinación

PI_{pa} = Probabilidad de inclusión para el estrato de prioridad alta

$PI_{pa} = (n_{pa}/kh_{pa}) * (UMS/cuadros\ grilla)$

$PI_{pa} = (n_{pa}/kh_{pa}) * (25/49729)$

n_{pa} = celdas muestreo prioridad alta: 54

kh_{pa} = celdas totales prioridad alta: 92

Y así para el resto de estratos:

M_{pm} = total de celdas de prioridad media: 195 de las 710 (kh) / total cuadros grilla 3x3: 49729

X_{pm} = conteo combinación prioridad media (matrices) para esa combinación

PI_{pm} = Probabilidad de inclusión para el estrato de prioridad media

M_{pb} = total de celdas de prioridad baja: 423 de las 710 (kh) / total cuadros grilla 3x3: 49729

X_{pb} = conteo combinación prioridad baja (matrices) para esa combinación

PI_{pb} = Probabilidad de inclusión para el estrato de prioridad baja

Resultados

1. Matrices de confusión de las diferentes prioridades

Como resultado de las combinaciones de las interpretaciones del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental y los datos de referencia (intérprete independiente) se obtuvieron las siguientes matrices, resultado de la suma de las diferentes combinaciones de cada prioridad, para cada uno de los tres años de referencia 1990, 2000 y 2008. En estas matrices figura el número de veces que se da esa combinación de códigos (11-11, 11-12, 11-30, 11-18, 11-99, 12-11, 12-12... y así sucesivamente) entre la interpretación del MAE y la del intérprete independiente.

- Matriz de Confusión de prioridad alta
- Matriz de Confusión de prioridad media
- Matriz de Confusión de prioridad baja

PRIORIDAD ALTA		11	12	30	18	99	
	11	448	0	335	3	15	801
	12	3	0	0	1	0	4
	30	29	0	402	2	7	440
	18	0	0	2	9	0	11
	99	20	0	28	1	45	94
		500	0	767	16	67	1350
PRIORIDAD MEDIA		11	12	30	18	99	
	11	713	0	320	3	12	1048
	12	7	0	0	0	1	8
	30	18	0	682	2	5	707
	18	1	0	11	30	0	42
	99	44	0	47	2	152	245
		783	0	1060	37	170	2050
PRIORIDAD BAJA		11	12	30	18	99	
	11	603	0	67	5	7	682
	12	6	0	0	3	1	10
	30	2	0	383	0	0	385
	18	2	0	4	13	0	19
	99	19	0	15	0	45	79
		632	0	469	21	53	1175

Tabla 3. Matrices de confusión por estrato para el año 1990

2. Matriz de confusión total

Tras obtener una matriz anterior, se realiza una matriz de confusión sumando todos los estratos para cada año. Se obtiene así mismo otra matriz de confusión expresada en porcentaje de probabilidad (suma de las combinaciones por estrato, dividido por el total de cuadros 3x3 que constituyen las UMS totales (25*183)).

La matriz de confusión, resultado de la suma de todas las prioridades, sería la siguiente, para cada año de referencia:

	11	12	30	18	99	Total
11	0,40	0,00	0,16	0,00	0,03	0,58
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,02	0,00	0,35	0,00	0,01	0,38
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
99	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03
	0,42	0,00	0,51	0,00	0,06	1,00

Tabla 4. Matriz de confusión total para el año 1990

En las filas se encuentra la interpretación del equipo del proyecto del MHD y en las columnas la interpretación del consultor independiente, ambos utilizando el código del software JRC Validation Tool.

En color amarillo se señalan las coincidencias en las interpretaciones de ambos intérpretes.

3. Matriz de confusión ponderada

Se crea una matriz de confusión ponderada según la prioridad alta, media y baja que representa los grados de deforestación y su probabilidad de inclusión, teniendo en cuenta el total de cuadros (UMSs) o interpretaciones realizadas, expresadas en porcentaje.

	11	12	30	18	99	
11	0,34	0,00	0,23	0,00	0,03	0,60
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,04	0,00	0,33	0,00	0,01	0,38
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
99	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02
	0,37	0,00	0,57	0,01	0,05	1,00
						0,67

Tabla 5. Ejemplo de matriz de confusión ponderada para el año 1990.

Así mismo, en color amarillo se señalan las coincidencias en las interpretaciones de ambos intérpretes.

La suma de las probabilidades para los puntos correctamente asignados, expresa la fiabilidad global del mapa.

4. Datos de Precisión

Tras haber realizado la ponderación por estratos en la matriz de confusión, con los datos expresados en probabilidades de inclusión, se obtiene el dato de precisión, en porcentaje, para cada año de referencia y para el total de años valorados.

Se han obtenido los siguientes valores de precisión total, para los años referidos:

Precisión (%) para el año 1990: 69 %

Precisión (%) para el año 2000: 73 %

Precisión (%) para el año 2008: 76 %

○ **Precisión de usuarios/productores:**

	11	12	30	18	99	Precisión usuario
11	0,34	0,00	0,23	0,00	0,03	57%
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30	0,04	0,00	0,33	0,00	0,01	88%
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
99	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	56%
Precisión productor	90%		58%		27%	

Tabla 6. Matriz de confusión ponderada para el año 1990, con la precisión de

usuario y del productor para cada uso del suelo.

	11	12	30	18	99	Precisión usuario
11	0,26	0,00	0,20	0,00	0,01	55%
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30	0,04	0,00	0,47	0,00	0,01	92%
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
99	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	25%
Precisión productor	87%		69%		10%	

Tabla 7. Matriz de confusión ponderada para el año 2000, con la **precisión de usuario** y del **productor** para cada uso del suelo.

	11	12	30	18	99	Precisión usuario
11	0,23	0,00	0,17	0,00	0,02	55,24%
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30	0,04	0,00	0,52	0,00	0,02	89,54%
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,67%
Precisión productor	83,60%		74,92%		9,43%	

Tabla 8. Matriz de confusión ponderada para el año 2008, con la **precisión de usuario** y del **productor** para cada uso del suelo.

La precisión **atribuida a los usuarios (error de comisión)** se refiere al núm. aciertos en una clase dividido por el total asignados a esa clase por el mapa (MAE), en %, donde se da un Error de comisión (se asigna en el mapa a una clase, diferente al de los datos de referencia). Los valores para los diferentes años se señalan en fondo tomate.

Se ha calculado así mismo la **precisión** atribuida al **productor (error de omisión)**, que sería el número de aciertos en una clase / total de asignados a esa clase por los “datos de referencia” (%). Aquí se comete el Error de Omisión (los datos de referencia lo atribuyen a esa clase pero el mapa no). Los valores para los diferentes años se señalan en fondo azul.

Los resultados obtenidos a partir de la matriz de confusión ponderada se presentan en % de precisión, y se ha tenido en cuenta los siguientes rangos según GOFD-GOLD (*Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics*), 2012.

<30 % -> precisión baja

30-80% -> precisión media

80-95% -> precisión alta

Conclusiones

Para evaluar la precisión del Proyecto MHD se realiza en primer lugar el cálculo del tamaño de la muestra primaria mediante una ecuación que determina el número de sitios requeridos basados en la variación de los parámetros de interés para la estimación de la precisión, así como el error admisible para dicha estimación. La distribución por estrato de UMPs a ser muestreado fue derivado usando la ecuación de distribución de Neyman. Según estos cálculos, se consideró adecuado el muestreo aleatorio estratificado de 30% de la cobertura el Ecuador mediante celdas 20x20 km con un error admisible aceptado para la precisión del 5% y el muestreo secundario mediante una grilla 3x3 píxels y seleccionando aleatoriamente 25 cuadros por cada celda.

Para la evaluación de la precisión del mapa de cambios del MHD no se utilizó el índice kappa utilizado anteriormente en la validación en campo, ya que según Olofsson et. al., 2013..."Se recomienda que kappa no se utilice... en la evaluación de la precisión de mapas de cambio de uso del suelo." Se utilizó la fórmula expresada anteriormente de la suma de los aciertos partido por el total de muestras, teniendo en cuenta la probabilidad de inclusión. Esta metodología es estándar y novedosa en el sentido de que no se ha realizado una comprobación con datos de mayor precisión o con datos de campo, sino que la metodología incluye utilizar los mismos datos ocupados para el MHD pero comparándolos con la interpretación realizada por un consultor independiente.

Para estimar la precisión se utilizó la probabilidad de inclusión para cada cuadro o unidad de muestreo secundaria (UMS), en una determinada unidad de muestreo primaria (UMP). Se calcula el producto de la probabilidad de incluir cualquier UMP en cada estrato y la probabilidad de inclusión de cualquier UMS en cada UMP. Nos da como resultado una matriz de confusión para determinar la probabilidad por estrato y una matriz de confusión con las probabilidades ponderadas.

Los resultados de la matriz de confusión ponderada por estrato nos indican el porcentaje de precisión global del MHD, expresada por año de referencia y el porcentaje de precisión total, teniendo en cuenta la suma de los tres años de referencia 1990, 2000 y 2008

Se han obtenido los siguientes valores de precisión, para los años referidos:

Precisión (%) para el año 1990: 69 %

Precisión (%) para el año 2000: 73 %

Precisión (%) para el año 2008: 79 %

Teniendo en cuenta el rango de valores de precisión que se ha considerado, se puede concluir que la precisión del MHD tiene una precisión media, en todos los años de referencia valorados.

Bibliografía

- *Calculating Sample Size for Stratified Random Sample. U.S. Department of Agriculture. 2000. Forest Service Handbook, FSH 2409.12 – Timber Cruising Handbook, Washington, DC, 237 p.*
- *Weighting in the ESS. Dr. Matthias Ganninger. Norwegian Social Science Data Services 2013.*
- *Manual del usuario para la herramienta del CCI de validación del cambio en la cobertura vegetal/ocupación del suelo. Dario Simonetti, René Beuchle, Hugh D. Eva. JRC Scientific and Technical Reports, Centro Común de Investigación (CCI), Comisión Europea. FAO.*
- *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.*
- *Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012.*
- *Peralvo M., Delgado J., 2010. Metodología para la generación del Mapa de Deforestación Histórica, Ministerio del Ambiente y CONDESAN, Quito-Ecuador*
- *Peralvo M., Moncayo P., 2010. Normalización Radiométrica Relativa Automática para generar mosaicos Landsat 7 SLC - off VI. Anexo 12 de la Metodología para la generación del Mapa de Deforestación Histórica, Ministerio del Ambiente y CONDESAN, Quito-Ecuador.*
- *Chuvieco E. 2007. Teledetección ambiental. Segunda ed. Barcelona: Ariel Ciencia.*
- *Selkowitz, D. J., & Stehman, S. V. (2011). Thematic accuracy of the National Land Cover Database (NLCD) 2001 land cover for Alaska. Remote Sensing of Environment, 115(6), 1401–1407. doi:10.1016/j.rse.2011.01.020*

- Stehman, S. (1998). *Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment. Fundamental Principles. Remote Sensing of Environment*, 64(3), 331–344. doi:10.1016/S0034-4257(98)00010-8
- Olofsson et al.: *Making better use of accuracy data in land change studies: estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation.*
- Congalton, R.G. And K. Green. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices.* Lewis Publishers, Boca Raton
- GOF-C-GOLD, 2012, Sourcebook: COP 18, Version 1. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*