



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Informe Final del Proyecto

Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina

Componente Nacional
Perú - Primera Etapa



Centro de Documentación Ambiental - Catalogación de la fuente

333.707

P45

Perú. Ministerio del Ambiente

Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura
de la Tierra en la Comunidad Andina

Dirección General de Ordenamiento Territorial - Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.

78 p.: il. tab.

GESTION AMBIENTAL 2. USO DE LA TIERRA. 3. PROYECTOS. 4. PERÚ I. Perú. Ministerio del
Ambiente. Dirección General de Ordenamiento Territorial. II. Título.

CDD 333.707 P45

ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS DE CAMBIO DE COBERTURA DE LA TIERRA EN LA COMUNIDAD ANDINA

Ministerio del Ambiente

Av. Javier Prado Oeste N° 1440

San Isidro, Lima-PERÚ

Primera Edición - Febrero 2014

Tiraje: 1000 ejemplares

Fotografías: Archivos MINAN

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014 - 02637

Diseño e impreso por: Burcon Impresores y Derivados SAC

Calle Bernardo Alcedo 549 - Lince / Telf.: 470 0123

gerencia@burconsac.com

La presente publicación fue elaborada con materiales 100% reciclados.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Informe Final del Proyecto

Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Cobertura Andina

Componente Nacional
Perú - Primera Etapa

Agradecimientos:

A Henry Castellanos, Alicia Gómez y Jeanneth Alvear por su apoyo en las capacitaciones y por su apertura para conversar y contarnos su experiencia, y a Uriel Murcia, Luz Marina Arévalo, Jeaneth Delgado, Danilo Granja y Raúl Galeas por apoyar ese proceso. Al Sinchi y al IDEAM de Colombia, y al Ministerio de Ambiente del Ecuador, por su apoyo institucional al proceso de aprendizaje nacional. Al equipo de Bolivia, Ivar Ledezma, Wanderley Ferreira, Gabriela Villanueva, Serena Achá y Leonardo Uruchi que nos acompañaron en esta aventura de aprender juntos, y de quienes aprendimos muchísimo en las discusiones y en el campo. A Lloani Quiñonez, Manuel Peralvo, Francisco Cuesta y María Teresa Becerra, quienes como parte de la SG-CAN y de CONDESAN nos dieron su apoyo a lo largo de todo el proceso. A al equipo de la Fundación para el Desarrollo Agrario, que nos da siempre su apoyo institucional y su experiencia administrativa sin la cual ningún proyecto podría salir adelante. Y a Teodosio Orellana, que está siempre en el día a día.

EQUIPO TÉCNICO

UNALM

- Carlos Alberto Arnillas
- Víctor Barrena
- Fabián Drenkhan
- Carlos Eduardo Llerena
- Paolo Espino
- Víctor García
- Sofía Gonzales-Zúñiga
- Enrique Gushiken
- Denisse López
- Hatzel Ortiz
- Fernando Regal
- Ethel Rubín de Celis
- Pedro Vásquez
- Rocío Vásquez

MINAM

- Witman García
- William Llactayo
- Germán Marchand
- Kelly Salcedo
- Eloy Victoria
- Alexander Montero

Colaboradores

- Javier Gamarra
- Froylán Suárez
- Blanca Ponce
- Antonio Tovar
- Linda Zegarra

Fundación para el Desarrollo Agrario

- Edith Melgar

Cita sugerida:

Arnillas, C.A; Barrena, V; Llactayo, W; Ortiz, H; Regal, F; Rubín de Celis, E; Vásquez, P; Drenkhan, F; Llerena, C.E; Espino, P; García, V; Gonzáles-Zúñiga, S; Gushiken, E; López, D. y Vásquez, R. 2012. Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM). Dirección General de Ordenamiento Territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima - Perú. pp. 56.

	Pág.
1. DESCRIPCIÓN	9
2. VALORACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO	10
2.1 Resumen del Plan de Trabajo	10
2.2 Actividades desarrolladas y resultados alcanzados	11
2.2.1 Desarrollo y Consolidación del Marco Institucional	11
2.2.2 Desarrollo Conceptual y Metodológico para la generación de mapas de cobertura y uso de la tierra	12
A. Introducción	12
B. Leyenda.....	12
C. Metodología y resultados	14
C.1 Consideraciones generales	15
C.2 Proceso de capacitación inicial	16
C.3 Ortorrectificación	17
C.4 Evaluación de los métodos de clasificación en el área binacional Perú-Bolivia	18
C.4.1 Trabajo de campo y método de evaluación de la clasificación	19
C.4.1.1 Trabajo de campo.....	19
C.4.1.2 Puntos con re-interpretación.....	20
C.4.1.3 Análisis de la información de campo	20
C.4.2 Método de clasificación	20
C.4.3 Discusión y conclusiones	30
C.5 Aplicación de la metodología al área de prueba central y al área binacional Ecuador-Perú.....	31
C.5.1 Trabajo de campo y revisión de información secundaria	31

	Pág.
C.5.2 Procedimiento empleando See5/C5 sobre píxeles.....	33
C.5.2.1 Interpretación de las escenas centrales	33
C.5.2.2 Empalme de las escenas centrales	33
C.5.2.3 Áreas piloto de trabajo Ecuador - Perú	34
C.5.3 RandomForest sobre segmentos	34
C.5.4 Discusión	34
C.5.4.1 Evaluación de la leyenda	34
C.5.4.2 Ortorrectificación.....	35
C.5.4.3 Interpretación.....	35
C.6 Conclusiones y recomendaciones	43
2.2.3 Proceso de difusión y capacitación	44
2.3 Actividades pendiente de ejecución	45
2.4 Valoración de los Resultados del Convenio	45
3. SOCIOS Y OTROS TIPOS DE COOPERACIÓN	46
3.1 ¿Cómo valora Ud. la relación entre los socios formales del Programa?	46
ANEXOS	
Anexo 1. Propuesta de Leyenda de Coberturas de la Tierra	47
Anexo 2. Informe del primer taller de capacitación	52
Anexo 3. Informe del segundo taller de capacitación	55
Anexo 4. Informe del taller binacional Perú-Bolivia	58
Anexo 5. Informe del taller de capacitación al MINAM	71
Anexo 6. Descripción de la base de datos de procesos implementada	73

1. DESCRIPCIÓN

Un aspecto importante en relación al desarrollo y consolidación de un marco institucional para la elaboración de estudios de cambio de la cobertura y uso de la tierra se ha dado a través de la ejecución de la zonificación ecológica económica (ZEE). Regiones del país como Lambayeque, Huánuco, Huancavelica, Ayacucho, Tacna, Moquegua, Ucayali vienen desarrollando sus correspondientes mapas CUT en base a los alcances del Proyecto.

Asimismo, en el año 2013 se promulgó la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAN que aprueba los instrumentos técnicos sustentatorios del ordenamiento territorial dentro de los cuales se incorpora un nuevo instrumento denominado Estudios Especializados (EE),

los que están orientados a complementar la información de la ZEE en los aspectos dinámicos del territorio y aportan a la elaboración del Diagnóstico Integrado del Territorio (DIT) y elaboración del plan de ordenamiento Territorial (POT). Uno de los estudios especializados cuyas pautas se desarrollan en la mencionada norma es el **Estudio de las Dinámicas de Cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra**, con lo cual se contribuye de manera firme a la consolidación de esta temática como instrumento para la planificación territorial.

Actualmente, el MINAN a través de la Dirección General de Ordenamiento territorial viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de los protocolos y leyenda de Coberturas (CORIN), logrados a través de la ejecución de éste proyecto.

2. VALORACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO

2.1 RESUMEN DEL PLAN DE TRABAJO

El proyecto tiene como objetivo fortalecer la gestión ambiental en el Perú a partir de la generación de información que apoye a la toma de decisiones orientadas a la planificación y ordenamiento del territorio. Para ello, se planteó a) desarrollar un marco institucional para consolidar el estudio de los cambios de cobertura de la tierra y el desarrollo de la propuesta metodológica para hacer dichos análisis; b) desarrollar una propuesta de clasificación de cobertura de la tierra aplicable al ámbito nacional con el correspondiente desarrollo metodológico para su representación cartográfica a nivel subregional, es decir de los países de la CAN; y c) generar un espacio de trabajo que permita difundir los avances metodológicos que se obtengan en la comunidad científica nacional y a los actores vinculados a esta temática entre ellos los tomadores de decisiones.

El desarrollo de una propuesta de clasificación de Cobertura de la tierra buscó hacer un proceso de aprendizaje y evaluación crítica de los distintos avances regionales en la temática. (Perú, Colombia, Ecuador, Bolivia) En base a ese desarrollo, se procedió a generar una propuesta que permita desarrollar procesos de mapeo a escala nacional, según los estándares regionales definidos por el Comité Técnico Subregional del Proyecto. Con lo desarrollado, se implementaron un conjunto de pruebas en la región central de Perú y en secciones previamente consensuadas en las fronteras con Ecuador y con Bolivia.

Finalmente, los avances realizados serían presentados a la comunidad científica nacional y a los tomadores de decisiones mediante talleres. Así mismo, fueron publicados los resultados alcanzados al término del proyecto en el geoservidor del MINAM.

2.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y RESULTADOS ALCANZADOS

2.2.1 Desarrollo y consolidación del marco institucional

Las primeras actividades consideradas en el plan de trabajo están referidas al desarrollo del marco institucional para consolidar el estudio de los cambios de uso de la tierra y al desarrollo de la propuesta metodológica para hacer dichos análisis. Al respecto el Ministerio del Ambiente incluyó en su Plan Operativo Anual 2011 como Meta Producto el desarrollo del Sistema de Información Territorial para el Monitoreo, dentro del cual se consideró actividades de análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra y el análisis de la cobertura de bosques y deforestación de la Amazonía Peruana, actividades que han sido desarrollados por la Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT). Asimismo, existen otros procesos en marcha que se vienen tratando de articular a este proyecto, en particular a) el proyecto “Monitoreo de la Deforestación y Manejo Forestal en el Bosque Panamazónico”, auspiciado por OTCA/ITTO; b) el proyecto Inventario Forestal y Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático, con apoyo de FAO/Finlandia; y c) el proyecto de Fortalecimiento de Capacidades para la Implementación de REDD+ en el Perú, con apoyo de Moore Foundation.

Un aspecto importante en relación al desarrollo y consolidación de un marco institucional para la elaboración de estudios de cambio de la cobertura y uso de la tierra se ha dado a través de la ejecución de la zonificación ecológica económica (ZEE). Regiones del país como Lambayeque, Huánuco, Huancavelica, Ayacucho, Tacna, Moquegua, Ucayali vienen desarrollando sus correspondientes mapas CUT en base a los alcances del Proyecto.

Asimismo, en el presente año 2013 se promulgó la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAN que aprueba los instrumentos técnicos sustentatorios del ordenamiento territorial dentro de los cuales se incorpora un nuevo instrumento denominado Estudios Especializados (EE), los que están orientados a

complementar la información de la ZEE en los aspectos dinámicos del territorio y aportan a la elaboración del Diagnóstico Integrado del Territorio (DIT) y elaboración del plan de ordenamiento Territorial (POT). Uno de los estudios especializados cuyas pautas se desarrollan en la mencionada norma es el **Estudio de las Dinámicas de Cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra, con lo cual se contribuye de manera firme a la consolidación de esta temática como instrumento para la planificación territorial.**

Actualmente, el MINAM a través de la Dirección General de Ordenamiento territorial viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de los protocolos y leyenda de Coberturas (CORIN), logrados a través de la ejecución de éste proyecto.

En el ámbito subregional Andino, se ha conformado el Comité Técnico Subregional del Proyecto, en el cual el Perú es representado, de acuerdo a comunicación oficial del Ministerio del Ambiente (MINAM) a la SGCAN, por de la Dirección General de Ordenamiento Territorial, y la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural, ambos del MINAM y un representante de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Durante la ejecución de proyectos se ha participado de 2 reuniones del Comité Técnico Subregional realizadas en mayo y junio en las ciudades de Lima y Bogotá respectivamente, en las que se ha alcanzado acuerdos sobre la Leyenda Subregional de Coberturas de la Tierra, así como unos acuerdos mínimos sobre el catálogo de coberturas, el protocolo de campo, el protocolo de validación y el de control de calidad. Acuerdos que han sido y serán la base para el desarrollo de la leyenda, metodologías y protocolos nacionales con el objetivo de lograr una coherencia entre los mapas nacionales y facilitar el desarrollo de un mapa subregional.

2.2.2 Desarrollo conceptual y metodológico para la generación de mapas de cobertura y uso de la tierra¹

A. Introducción

Durante los años 2008 y 2009, la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN) en coordinación con los países y con el apoyo técnico de CONDESAN ha liderado el desarrollo de una propuesta conceptual y metodológica preliminar para estudiar los patrones de cobertura de la tierra y su relación con el estado de conservación de los ecosistemas andinos². Dicha propuesta está enmarcada en el proyecto denominado “Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” y se viene desarrollando con la participación de especialistas de los cuatro países miembros.

El proyecto tiene como objetivo fortalecer la gestión ambiental en la subregión andina a partir de la generación de información que apoye a la toma de decisiones orientadas a la planificación y ordenamiento del territorio. Para ello se ha planteado de manera específica la necesidad de fortalecer la colaboración entre los países a través del mejoramiento de capacidades técnicas; desarrollar metodologías que permitan la representación cartográfica de patrones de cobertura de la tierra así como la representación de la diversidad biológica a nivel de ecosistemas.

En esta sección, se presentan los principales avances técnicos y metodológicos alcanzados durante la ejecución del proyecto, así como las principales recomendaciones que se alcanzaron durante el mismo. Estos avances han cubierto varios aspectos del procesamiento de las imágenes satelitales. En primer lugar, se presenta una revisión de los componentes de la leyenda que se emplearon y algunas recomendaciones sobre la misma. En segundo lugar, se comenta el proceso de capacitación realizado con el apoyo de los otros países de la región. En tercer lugar, se presentan los resultados de los procesos de ortorrectificación, clasificación y trabajo de campo que se han podido desarrollar en este período. Esta información se presenta para la zona de Puno, donde en el marco del trabajo binacional con Bolivia se implementaron varias

metodologías, y posteriormente para la región central de Perú y la zona binacional con Ecuador. Finalmente, se presenta una discusión sobre el proceso realizado y sobre los resultados alcanzados.

B. Leyenda

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema CORINE Land Cover (IDEAM 2010). Este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un marco de comparabilidad internacional. CORINE Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial (escala espacial) con distintos niveles de detalle temático (niveles de la leyenda jerárquica). El proceso de discusión de la leyenda regional ha llevado a la definición de una serie de clases en los niveles 1 y 2 de la leyenda que, si bien recogen parte de los planteamientos de CLC, incorporan adaptaciones que se consideran necesarias para los países de la región (ver Anexo 1). Este compromiso, reflejado en la leyenda regional, se ve plasmado en un compromiso de reporte que todos los países han asumido. A nivel nacional, cada país tiene plena libertad para modificar la leyenda, ampliarla o detallarla, siempre que los compromisos de reporte se puedan cumplir. A continuación, se presentan algunos aspectos planteados en la discusión nacional de la leyenda, como aspectos de mayor detalle o de reorganización de las clases jerárquicas, pero siempre pensando que dichas modificaciones no alteren la capacidad de reporte y monitoreo a nivel de los cuatro países de la región.

Uno de los aspectos revisados fue la estructura de la leyenda para la clase 2, que comprende las áreas dominadas por actividades agropecuarias. En particular, se comentó la dificultad práctica de distinguir agricultura permanente de transitoria en varias partes del territorio nacional. Este aspecto que viene discutiéndose hace

1. Sección desarrollada por Arnillas, C.A., V. Barrena, H. Ortiz, F. Regal, E. Rubín de Celis, P.

2. CAN, 2010. Cuesta, F., Peralvo, M., Becerra, M.T. 2010. Dinámicas de Cambio de Cobertura y Uso de la Tierra en la Comunidad Andina. Concepto de proyecto. Propuesta para la discusión con las autoridades nacionales.

% de área intervenida	Estructura de la matriz natural	Actividad agropecuaria dominante (> 70%)	Clase regional/ propuesta
70% - 100%	No aplica	Cultivos transitorios	2.1
		Cultivos permanentes	2.2
		Pastos	2.3
		Ninguna	2.4
30% - 70%	NA	NA	2.5
10% - 30%	Bosque	NA	3.1.5
	Arbustal	NA	3.3.5
	Herbazal	NA	3.3.6
	Arbustal-Arbustal	NA	3.3.7
0% - 10%	Bosque	NA	3.1 (1-4)
	Herbazal	NA	3.3.1
	Arbustal	NA	3.3.2
	Herbazal-Arbustal	NA	3.3.4

CUADRO 1: Relación entre el porcentaje de área intervenida y las clases naturales y no naturales para determinar las clases según la leyenda CLC.

bastante tiempo no encontró una solución, más allá de, en caso de duda, incorporar el área a la clase 2.4 (mosaico agropecuario). Siguiendo el esquema de CLC, la clase 2.4 incorpora no sólo las áreas donde distintos tipos de actividad agrícola se mezcla, si no que también incorpora las áreas de mosaico agropecuario-natural. En la discusión se planteó que esta mezcla de mosaico de áreas agrícolas consolidadas con mosaicos de áreas agrícolas y naturales, al nivel de reporte regional (nivel 2) reducía la capacidad de registrar cambios en las áreas más dinámicas de los ecosistemas, por lo que parecía conveniente separar los mosaicos agropecuario-natural de los mosaicos agropecuarios en una subclase de la clase 2. Un aspecto importante de esta propuesta (ver Cuadro 1) es que, recogiendo lo planteado por CLC-Colombia no supone una simetría entre lo natural y lo no-natural, lo que se refleja en que el umbral entre las áreas de mosaico dominadas por lo agropecuario (clase 2) requieren sólo un 30% de área intervenida. Este umbral implícitamente reconoce que el área afectada por las actividades antrópicas va más allá de las áreas directamente intervenidas.

Los elementos anteriores llevan a valorar muy positivamente la existencia de una clase que corresponda a mosaicos agropecuarios con vegetación natural, particularmente para estudiar el avance de la frontera agrícola en áreas amazónicas. Sin embargo, la definición de una clase del tipo mosaico requiere

construir un conjunto de reglas muy precisas que permitan delimitarlos y distinguirlos claramente del entorno, más cuando se supone que las clases tipo mosaico deben ser empleadas sólo cuando no se puede emplear una clase “pura”. Si bien algunos aspectos de las características que deben tener dichas reglas de construcción de las clases mosaico se han construido, la validación y formalización de esas reglas es parte del proceso de construcción aún esta pendiente de desarrollo.

Otro aspecto discutido fue la unidad mínima de mapeo para las distintas clases analizadas. Al respecto, se tomó como referencia el trabajo de CLC-Colombia, en el que se establece que para todas las subclases de la clase 1 (áreas artificializadas) se trabajará a 5 Ha, pero que para el resto de clases se trabajará con 25 Ha. Tomando esos valores como criterio, y dado que existen un conjunto de elementos naturales importantes de ser identificados con mayor detalle a nivel nacional, se incluyeron varias categorías en la lista de elementos a ser mapeados a 5 Ha, como son los bofedales, glaciares, manglares, o bosques altoandinos (ver Cuadro 2). Algunos de estos elementos, en particular los tipos de bosque, no tienen un código nacional que los permita diferenciar de otros tipos de bosque. Esta diferenciación es necesaria para facilitar su tratamiento semi-automático (p.e. para validar la UMM). Por ello, se les asignó un código provisional hasta que la leyenda de Perú se desarrolle

Código interno provisional	Nombre	Unidad mínima de mapeo (Ha)
1	Áreas Artificializadas	5
31101	Bosques altoandinos densos	5
31102	Manglares densos	5
31201	Bosques altoandinos abiertos	5
31202	Manglares abiertos	5
344	Áreas quemadas	5
345	Glaciares	5
412	Turberas y bofedales	5
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	5
513	Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales	5
515	Cuerpos de agua artificiales	5
521	Lagunas costeras	5
9	Sin información	0

CUADRO 2: Relación de coberturas con unidad mínima de mapeo distinta a 25 Ha.

y los incorpore de forma expresa, en niveles de mayor detalle. Por otro lado, se consideró que las unidades sin información (áreas bajo nube, sombra, o con error de satélite) debían mantenerse con unidad mínima de mapeo 0, de tal forma que cualquier elemento sin información pueda ser representado.

Finalmente, en el caso de las áreas verdes no naturales (clase 1.4 en la leyenda de Colombia) se sugirió que pasara como un subnivel de las áreas urbanas, de tal forma que todos los elementos de 1.4 (1.4.1 o 1.4.2) puedan mantenerse a un nivel 4 (como 1.1.3.1 y 1.1.3.2).

C. Metodología y resultados

El proceso de definición y discusión de metodologías empleables para desarrollar el mapa de cobertura de la tierra del Perú estuvo enfocado en aprender de las experiencias regionales y buscar un método que permita fortalecer la replicabilidad y eficiencia del procesamiento de las imágenes satelitales. En este marco, se partió de los acuerdos regionales que planteaban emplear la metodología CORINE Land Cover como base para el desarrollo de la propuesta regional (IDEAM, IGAC, y CORMAGDALENA 2008). Así mismo, como parte de la discusión seguida en este proyecto, se buscó una metodología que permitiera acumular información en el largo plazo, como un mecanismo de mejora continua

del proceso, y que permita incorporar mecanismos de control de la calidad de los distintos pasos del proceso. Estos criterios de control de calidad buscan darle al intérprete una señal fiable de la confianza con que ha terminado los distintos pasos del procesamiento.

La opción por una metodología que facilite la acumulación de lo aprendido en el largo plazo llevó a explorar sistemas basados en clasificación supervisada, así como al diseño de formatos y guías para documentar los procesamientos realizados o por realizarse. Un conjunto de herramientas informáticas se han también empezado a desarrollar para facilitar el registro y sistematización de la información recolectada, y se espera que en un futuro estas herramientas puedan también facilitar su análisis y evaluación.

Por otro lado, la búsqueda de sistemas que ayuden a la estandarización del proceso de interpretación llevó a explorar en profundidad la segmentación como herramienta. Se compararon los sistemas de clasificación basados en segmentos con sistemas basados en píxeles con el fin de evaluar el desempeño de cada uno de ellos. Esta comparación se basó en un conjunto de criterios previamente establecidos, entre ellos calidad temática, tiempo de implementación de la metodología y tiempo de procesamiento. Muchos de estos análisis se hicieron de forma cualitativa.

En la escena binacional Perú-Bolivia (ver Figura 1) se trabajaron varias pruebas metodológicas con el fin de identificar la que mejor responda al área de estudio y a las necesidades de construir un sistema de monitoreo que pueda aprender en el largo plazo. Este último criterio, sumado al buen desempeño que tuvieron, llevó a evaluar con mayor hincapié dos de los protocolos basados en clasificación supervisada, uno empleando píxeles como unidad de clasificación y el otro empleando segmentos para lo mismo. La principal ventaja de una clasificación basada en píxeles es que, al trabajar directamente con la imagen, daría resultados iniciales más rápidos y consistentes. Por su parte, la segmentación permite incorporar aspectos espaciales o de textura en la clasificación de forma replicable, reduciendo la subjetividad del intérprete al momento de dibujar polígonos. Estas dos metodologías, junto a otras variantes referidas al uso o no de información complementaria, o a las herramientas de generalización empleadas, se aplicaron a un conjunto más amplio de imágenes. Estos resultados se presentan en los acápites subsiguientes, luego de las presentación sobre los resultados de los talleres de capacitación y de los protocolos de preprocesamiento de imágenes satelitales (principalmente ortorrectificación).

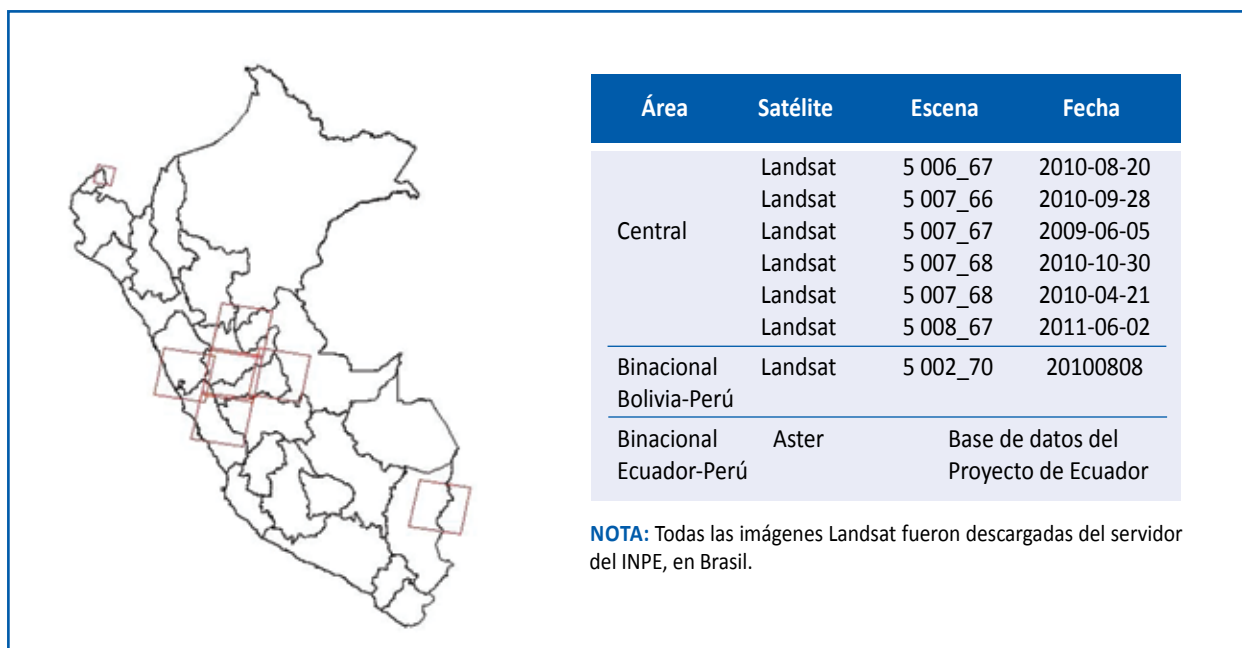


FIGURA 1: Mapa de ubicación de las imágenes de las áreas de prueba, indicando las escenas que se vienen procesando.

C.1 Consideraciones generales

Dado que el proyecto buscaba hacer una exploración metodológica, y dado que la metodología propuesta debería servir como base para los mapas, pero que a su vez debía de permitir la implementación de mejoras subsiguientes, era necesario establecer un conjunto de criterios de comparación, así como criterios para almacenar la información relevante. Por ello, una de las primeras actividades realizadas fue la determinación de los criterios que se espera seguir para evaluar la calidad de cada uno de los pasos seguidos. Estos criterios son los que se espera luego emplear para evaluar la calidad de los protocolos de análisis de la información, y son:

- **Tiempo de capacitación:** Tiempo estimado para que un intérprete aprenda a usar la metodología propuesta.
- **Tiempo de persona:** Tiempo que ha invertido una persona trabajando frente al computador para obtener los resultados buscados.
- **Tiempo de máquina:** Tiempo que opera la computadora siguiendo procedimientos automáticos.
- **Replicabilidad:** Capacidad del protocolo de generar resultados similares cuando es aplicado por varias personas, o por la misma en distintos momentos.
- **Calidad del mapa:** Nivel de ajuste del mapa a la realidad. Para considerar que un mapa es “correcto”

debe haber una correspondencia en las clases identificadas (calidad temática), en la ubicación de los bordes (calidad de los bordes), y no deben haber espacios en blanco o traslapes entre polígonos (calidad topológica).

- **Trazabilidad de la información:** La información debe ser trazable, en el sentido de que debe ser posible reconocer la fuente de cada uno de los datos empleados y almacenados.
- **Capacidad de conversar con la leyenda:** En tanto la leyenda es dinámica, se espera que la metodología también pueda serlo.
- **Adaptabilidad a nuevas tecnologías:** La metodología debe ser lo más robusta posible a los cambios tecnológicos.
- **Forma de hacer la re-interpretación:** El mecanismo propuesto por la metodología para realizar la re-interpretación debe ser evaluado con el fin de identificar fortalezas y debilidades del mismo.

Otros temas a discutir a parte de la metodología son la forma de realizar los empalmes a nivel nacional y a nivel subregional.

También se busca estandarizar requerimientos mínimos de hardware (p.e. usar computadora de al menos 1 a 2

Gb RAM). Por todo ello, se han desarrollado formularios que permiten registrar las principales características de los procesamientos realizados. La necesidad de documentar los procesos se puede observar también en la formulación de protocolos que permitan documentar y comunicar los pasos seguidos durante el análisis. Lo mismo se cumple para la experiencia de aplicación de cada metodología en cada una de las imágenes trabajadas. Por ello, para el manejo de la información se vienen estableciendo criterios y principios generales, que buscan documentar cada uno de los pasos realizados. Entre los criterios establecidos está el diseño de un formulario para documentar cada paso, desde que la escena es descargada hasta que se completa su análisis. En principio, cada resultado parcial, donde ha influido una decisión del intérprete debe quedar almacenado en un servidor disponible vía Internet, el mismo que tendría una base de datos y un FTP. Más adelante se describen los acuerdos alcanzados a la fecha, que se vienen reflejando en los protocolos (ver Anexo I).

En los protocolos se viene documentando la forma de almacenar la otra información que se emplea para el análisis. Por ejemplo, en los casos en los que se emplea un mapa de alturas o modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés), este se viene almacenando con su metadata completa en una carpeta predefinida. Esto se hace tanto con el SRTM90 (un DEM desarrollado por la NASA a 90m de resolución que se emplea principalmente para ortorrectificar imágenes) como con el GeoCover (un catálogo de imágenes Landsat 5TM y 7ETM ortorrectificados que cubre el globo terrestre completo y que también se emplea para ortorrectificar). Otra fuente de información empleada es el GoogleEarth. La información de alta resolución que se obtiene por este mecanismo se emplea para la construcción de áreas de entrenamiento y se puede usar para generar puntos de validación. Sin embargo, dado que es información dinámica que puede ir cambiando con el tiempo, y dado que contiene mucha información acumulada de diversos años, se debe registrar específicamente la fecha de la imagen que se está observando.

C.2 Proceso de capacitación inicial

En el proceso de aprendizaje de las metodologías de los otros países de la región, particularmente Ecuador y Colombia, se tuvieron dos etapas. En la primera, se trabajó con los documentos que describían los protocolos de cada uno de los países, para ello a cada intérprete se le asignó un fragmento de escena sobre el

cual tenía que aplicar ambas metodologías. El ejercicio se completó parcialmente, pero cumplió su objetivo principal: que los intérpretes estuvieran familiarizados con las metodologías para el mapeo de coberturas de la Tierra de ambos países al momento de desarrollar los talleres de capacitación. Además, esto permitió que estén también familiarizados con la escena de trabajo sobre la que aplicarán cada protocolo en evaluación.

La segunda etapa consistió en talleres con expertos de ambos países para que puedan explicar con mayor detalle los protocolos y ayudar a absolver las dudas planteadas en la aplicación de los mismos. Luego de una serie de coordinaciones entre la UNALM, el MINAM, la SGCAN, el IDEAM y el SINCHI de Colombia y el Ministerio del Ambiente del Ecuador, se realizaron los talleres en la Universidad Nacional Agraria La Molina durante las primeras semanas de Setiembre.

El primer taller, denominado “Curso de Capacitación en Protocolos para la Interpretación Visual de Imágenes Satelitales con base en la metodología CORINE”, fue dictado por Henry Castellanos Quiroz, especialista del Instituto SINCHI de Colombia (del 5 al 9 de setiembre), y estuvo enfocado en la metodología CORINE Land Cover y su aplicación en dicho país. Participaron del Curso un total de 16 personas, entre las que estuvieron miembros de la UNALM (Centro de Datos para la Conservación y Laboratorio de Teledetección Aplicada) y del MINAM que conforman el equipo que viene implementando las actividades dirigidas a la elaboración de los mapas, del MINAM y de la SGCAN. La experiencia fue particularmente provechosa, pues permitió entender el nivel de detalle y laboriosidad requerido para el procesamiento de la información espacial siguiendo el protocolo visual que se emplea. Así mismo, el taller permitió conocer los distintos protocolos que emplean para realizar la evaluación de la calidad de la interpretación, así como la forma de documentar y de hacer el seguimiento de la información y procesos empleados. El informe del Curso se adjunta en el Anexo 2.

Durante la segunda semana de setiembre (del 12 al 16 de setiembre), se llevó a cabo el Curso de Capacitación en Protocolos Semiautomáticos para la interpretación de imágenes satelitales, con el objetivo de aprender de la experiencia de Ecuador. En este caso, vinieron dos personas Gladys J. Alvear y Alicia Gómez quienes forman parte del equipo de implementación de dichos protocolos en el programa Sociobosque para hacer el seguimiento de la cobertura de la vegetación. En dicho curso participaron en total 12 personas del equipo de trabajo (UNALM, MINAM, SGCAN). Este curso permitió

conocer las características del proceso ecuatoriano, y sus avances en aspectos de segmentación y trabajo semi-automatizado. Asimismo, permitió conocer los procesos seguidos para evaluar la calidad temática del mapa que vienen produciendo, así como la forma de organizar los equipos y la información (Ver informe en el Anexo 3).

La posibilidad de escuchar de primera mano ambas experiencias ha permitido identificar aspectos clave para el desarrollo de la metodología nacional. En particular, aspectos de control de calidad temática y de bordes, protocolos de recojo de información de campo, mecanismos de seguimiento y documentación de los procesos implementados, niveles de resolución temática y espacial y si deben o no estar correlacionados, son sólo algunos ejemplos de los temas que han sido tomados en cuenta. También es importante indicar que durante este periodo se aprovecharon algunos cursos que se dictaron en la UNALM sobre temas afines, que permitieron mejorar la comprensión de procesos como la segmentación o la clasificación empleando árboles de decisión.

C.3 Ortorrectificación

En paralelo a los procesos de capacitación previamente comentados, se ha venido desarrollando un protocolo para la ortorrectificación de las imágenes Landsat que se emplearán en el trabajo. El protocolo trabajado se

basa en el protocolo desarrollado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, con algunas modificaciones. Entre las principales modificaciones está: a) la generación de una malla de 20 x 20 km que facilite la distribución de los puntos de control, b) la definición de una densidad de puntos en función de la topografía de cada cuadrado de la malla (1 punto cada 2 cuadrados en áreas planas, 1 punto por cuadrado en áreas con baja rugosidad, y 2 puntos por cuadrado en áreas con topografía muy rugosa, en este último caso se pondría un punto en una zona alta y otro en una parte baja) y c) el uso de Autosync de ERDAS³ (opcional).

AutoSync es un complemento de ERDAS (Geosystems 2003) que sirve para alinear dos o más imágenes de tipos desiguales provenientes de diferentes sensores o a diferentes resoluciones, puede mejorar los alineamientos de juegos de información georreferenciados, o alinear imágenes crudas con imágenes georreferenciadas. Además, se ha desarrollado un protocolo para evaluar el nivel de ajuste entre dos capas ortorrectificadas. El protocolo puede ser aplicado para comparar a) el geocover con la carta nacional, b) el geocover con la imagen ortorrectificada, c) la carta nacional con la imagen ortorrectificada, o cualquier otro par de capas que se consideren correctamente ortorrectificadas. Este protocolo busca identificar las principales áreas con desfase entre las capas, y por ende, si se compara el geocover con la imagen ortorrectificada permitirá evaluar la replicabilidad y calidad la ortorrectificación realizada.

Escena	Fecha	Tiempo ortorrectificación (hrs:min hombre)	RMS ortorrectificación (m)	Máximo desfase observado (m)	RMS validación (m)	Nº de vectores	Tiempo validación (horas hombre)
002_70	2010-08-08	10:45	29,99	183	12,06	39	9 ²
006_67	2010-08-20	12:00	24,74	242	12,43	38	6
007_66	2010-09-28	30:20 ¹	63,52	414	17,47	51	
007_67	2009-06-05	14:00	34,66				
007_68	2010-04-21	10:00	26,04	252	14,10	54	4
007_68	2010-10-30	9:10	28,07	288	17,74	42	
008_67	2011-06-02	8:15	29,21				

CUADRO 3: Información recopilada durante la ortorrectificación y control de calidad de las imágenes.

NOTAS: 1 El sector suroeste de la imagen presentó un desplazamiento imposible de resolver. Aparentemente habría un problema en el geocover en esa sección. 2 Primera ejecución del procedimiento.

3. Software para el procesamiento y análisis de imágenes satelitales y fotografía aérea.

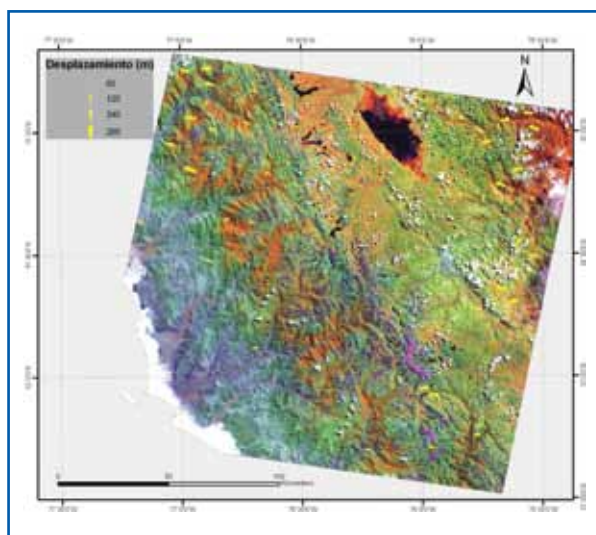


FIGURA 2: Visualización del resultado del control de calidad de la ortorrectificación en la escena 007_68 del 21 de Abril del 2010.

El protocolo de control de calidad de la ortorrectificación consiste en una revisión cuadrante por cuadrante de los principales desfases observados en cada uno de ellos. En cada área con desfase identificada se genera un vector que representa el desplazamiento entre las dos capas.

El protocolo de ortorrectificación y el de control de calidad se ha aplicado a las cinco imágenes del área central del Perú y a la imagen que se trabajará de forma conjunta con Bolivia (ver Cuadro 3). En el caso de la imagen en la frontera con Ecuador, el acuerdo binacional es trabajar con las escenas ya ortorrectificadas por Ecuador. La Figura 2 muestra el resultado de la aplicación del protocolo de validación de la imagen ortorrectificada. Como se ve, a pesar de que el RMS reportado por el ERDAS al momento de calibrar el modelo era menor a 30m, existen sectores con desfases de hasta 8 píxeles.

La evaluación de la calidad de la ortorrectificación también ha permitido identificar algunos errores en las capas del GeoCover, en algunos casos por la presencia de nubes en el GeoCover mismo. De hecho, se espera emplear el protocolo de validación de las imágenes ortorrectificadas para validar también el ajuste entre el GeoCover y la carta nacional, de tal forma de contar con una evaluación más certera de las fuentes de error. Por ello, sería recomendable contar con escenas Landsat ortorrectificadas con mayor precisión a nivel nacional, de tal forma que esas escenas puedan servir de base para futuros procesos nacionales. El MINAM tiene un

proceso de negociación vigente con el IGN para que se pueda generar esta información y se tenga acceso a ella.

C.4 Evaluación de los métodos de clasificación en el área binacional Perú-Bolivia

En base a la experiencia del propio equipo y a lo aprendido de los talleres con los expertos de Colombia y Ecuador, se perfilaron un conjunto de temas que se querían analizar (ver Recuadro 1), como son la regionalización de las escenas, aplicación o no de corrección atmosférica, tipo de clasificador empleado, forma de generar las áreas de entrenamiento, unidad de clasificación y el empleo o no de información complementaria.

Una parte importante del proceso de discusión implementado en esta etapa se dio alrededor del taller binacional entre Bolivia y Perú. En este taller, que se dio como parte del proceso regional, los días 10 y 11 de octubre y permitió intercambiar las experiencias y avances obtenidos en cada uno de los procesos nacionales de mapeo de coberturas hasta esa fecha. El taller se realizó con éxito. Contó con la participación y el apoyo de la SG-CAN y de CONDESAN. El detalle de lo tratado se puede ver en el Anexo 4. Entre los puntos más importantes que se discutieron, destacan:

- Intercambiar los avances en la ortorrectificación de la escena 2-70 para hacer comparaciones entre los protocolos de Perú y Bolivia.
- Evaluar de forma conjunta los distintos algoritmos para calibrar los valores de reflectancia, buscando aquellos que incorporen información de otros satélites (p.e. LEDAPS)
- Se recomendó regionalizar las imágenes al momento de procesarlas. Los límites de la regionalización se documentarían y formarían parte de la base de información a sistematizar. Se recomendó mantener un proceso de documentación de todos los procesos para mejorar la comparabilidad de los mapas (incluyendo, cuando sea pertinente, las pruebas que no funcionaron).
- Ambos países consideraron la revisión visual un paso crítico, y que debería poder redibujar bordes en caso de ser necesario.
- Para los procesos de control de calidad, se propuso densificar los puntos en las zonas de mayor densidad de bordes, de tal forma que

Recuadro 1. Descripción de los temas evaluados***Regionalización de las escenas***

El objetivo de este proceso es cortar las escenas en función a regiones homogéneas predefinidas, de tal forma que las clases a ser distinguidas en cada región tengan patrones espaciales y de reflectancia similares.

Corrección atmosférica

Esta corrección busca eliminar las interferencias causadas por la atmósfera en la señal recibida en el satélite. Para la imagen satelital Landsat los detectores están calibrados de manera tal que hay una relación lineal entre los números digitales (ND) y la radiación espectral. Esta función lineal es típicamente descrita por tres parámetros: el rango de valor ND en la imagen, la radiación más baja (Lmin) y la radiación más alta (Lmax).

Segmentación

La segmentación es un proceso por el cual se agrupan píxeles contiguos que tienen características espectrales semejantes. Este proceso ha sido incorporado en la metodología de Ecuador y se ha identificado como un aspecto relevante a considerar para el proceso regional y nacional.

Algoritmo de clasificación

Se probaron métodos no supervisados, supervisados e interpretación visual. Los métodos no supervisados buscan recuperar la información contenida en la imagen. Estos métodos buscan criterios de separabilidad de la información que hay en ella misma para identificar patrones que luego son analizados por el intérprete. Los sistemas de clasificación supervisada buscan incorporar la experiencia del intérprete en la definición de las clases a ser representadas en el mapa. En cualquiera de estos casos, las unidades a clasificarse pueden ser tanto píxeles como segmentos y los algoritmos pueden incorporar sólo los datos de la imagen o también información complementaria. Finalmente, en el caso de la clasificación visual, el intérprete emplea su conocimiento para desarrollar el proceso de mapeo.

Información complementaria

Para incrementar la capacidad de clasificación se evaluó el incluir información derivada de las imágenes satelitales (como índices de vegetación) así como información complementaria proveniente del SRTM 90m. El objetivo es proveer al algoritmo de clasificación el tipo de información que emplea el intérprete para decidir si un polígono corresponde a una u otra clase.

se obtenga mayor densidad en áreas de mayor probabilidad de ruido.

- Se sugirió evaluar cuatro formas distintas de recojo de información de campo, las mismas que se probaron (en términos de eficiencia y calidad de la información obtenida) en los trabajos de campo subsiguientes (puntos prediseñados, puntos sistemáticos, puntos oportunistas y transectos para calibrar bordes).

A continuación se explican los métodos de evaluación de la clasificación de las imágenes. Posteriormente se presentan los métodos y resultados de las pruebas en el área binacional. Finalmente, se discuten los resultados obtenidos en los distintos aspectos. Cabe indicar, que no todos los aspectos sugeridos durante el taller pudieron ser plenamente evaluados durante este periodo, quedando algunos aspectos como recomendaciones para futuros proyectos.

C.4.1 Trabajo de campo y método de evaluación de la clasificación

Durante el proceso de diseño y discusión del proyecto se concluyó que el trabajo de campo era una etapa fundamental del procesamiento de la información, tanto para el proceso de calibración como para el proceso de validación de las escenas. Sin embargo, dada la extensión del área de análisis, se previó que no sería posible realizar dos salidas de campo para cada sector, sino que sería preciso realizar sólo una en la que se debía levantar información que ayude a ambos procesos. Además, se previó que una gran cantidad de puntos necesarios para hacer la validación se obtendrían en base a información secundaria (principalmente imágenes Landsat 5TM e imágenes de alta resolución disponibles en GoogleEarth) pues si no hubiera sido imposible completar el conjunto de puntos necesarios para hacer la validación. A continuación se describe la forma en que se realizaron cada uno de estos procedimientos, así como la forma de analizar la información generada.

C.4.1.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en el recorrido de rutas trazadas alrededor de un conjunto de puntos o de áreas sobre las que se quería hacer el reconocimiento y en las que había condiciones de terreno para hacer el recorrido. Para priorizar las rutas se consideró más importante el proceso de calibración, por lo que el primer objetivo fue visitar las áreas de dudas identificadas durante el proceso de clasificación.

Una vez definido el trazo general, se identificaron los puntos de validación (ver C.4.1.2) que podían ser trabajados durante el recorrido.

Además de estos puntos predefinidos, se recolectaron otros puntos que podían servir para la calibración de la imagen. Así, los intérpretes podían seleccionar cualquier punto para detenerse y hacer una evaluación visual del territorio. Adicionalmente, a discreción de los intérpretes, se podían tomar otros puntos de forma aleatoria que pudieran luego ayudarlos en el trabajo de calibración o validación. En tanto el objetivo es tener una evaluación de la cobertura, se consideró que era necesario y suficiente tener una buena visualización del punto de validación o de calibración para ser considerado registrado. El tipo de registro que se toma en cada caso (visualización del área desde lejos o visualización del área desde dentro de ella es distinto y eso también se registra en la base de datos.

La información recogida fue organizada siguiendo los criterios detallados en el protocolo de campo (ver Anexo 1). En general, se buscó almacenar toda la información recogida, de tal forma que pueda ser fácilmente organizada de múltiples maneras. Para ello, se propone recurrir a un sistema de almacenamiento basado en bases de datos. El objetivo es que la base de datos genere a su vez algunas salidas que permitan visualizar las fotos dentro de GoogleEarth.

C.4.1.2 Puntos con re-interpretación

Para cada área a ser trabajada se construyeron puntos distribuidos regularmente, siguiendo una matriz cuadrada de 20Km de lado, tratando de maximizar la probabilidad de avistamiento desde las carreteras. Los puntos fueron interpretados por uno o más intérpretes que no estuvieron trabajando en dicha escena en particular.

C.4.1.3 Análisis de la información de campo

El conjunto de datos construido (Figura 3) con información de campo y de reinterpretación se empleó para comparar con la información trabajada por cada intérprete o grupo de intérpretes, ya sea que se trabajara con una escena aislada o con un mosaico de escenas. Siguiendo los acuerdos regionales, se construyó una matriz de confusión y se estimó el índice Kappa y el porcentaje de puntos correctamente clasificados en cada área en evaluación.

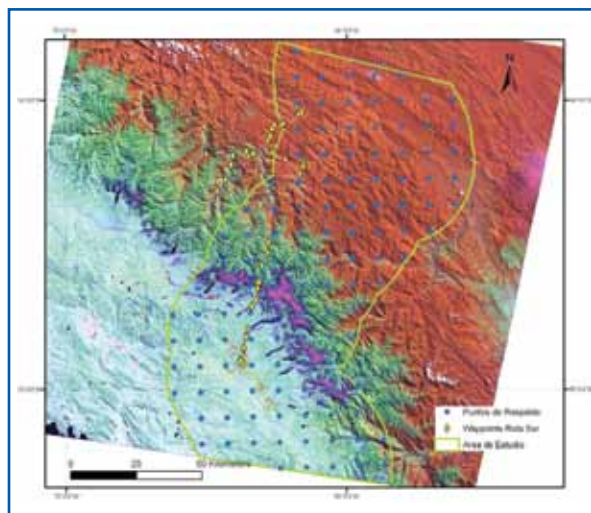


FIGURA 3: Mapa de rutas y puntos evaluados en campo y de reinterpretación en el área binacional Bolivia-Perú.

C.4.2 Método de clasificación

El área de trabajo binacional Bolivia-Perú se definió como la zona de pruebas, aprovechando el trabajo conjunto previsto entre ambos países. Las pruebas que se desarrollaron (Cuadro 4) buscaron principalmente entender el funcionamiento de las metodologías bajo análisis y sus potencialidades y limitaciones. Para la evaluación del tipo de metodología a emplear en el procesamiento futuro se tuvieron en cuenta los criterios indicados en la sección C.1. Con base en los resultados de estas pruebas se definió un subconjunto de pruebas a ser implementadas en la región central, donde se espera evaluar su respuesta en condiciones más secas (donde la respuesta espectral hace más difícil que se discriminen adecuadamente los tipos de cobertura).

Un primer aspecto considerado fue la preferencia por sistemas de clasificación supervisada por permitir, en opinión del comité técnico, facilitar la capacidad de aprender del sistema, entendiendo el “sistema” como el conjunto de personas, conocimiento y equipos digitales que deberán llevar a cabo la interpretación de las escenas. En la búsqueda por clasificadores que soporten este tipo de clasificación, se optó por trabajar con algoritmos basados en árboles de decisiones por tener menor cantidad de supuestos estadísticos, en comparación con los sistemas basados en otros criterios como los de máxima verosimilitud. En el Recuadro 2 se detalla un poco más sobre estos sistemas de clasificación empleados.

Prueba	Región	Corrección atmosférica	Clasificador	Áreas de entrenamiento	Unidad de clasificación	Información complementaria
a	Sierra	Si	See5 + ERDAS	Visual	Píxel	No
	Selva	Si	See5 + ERDAS	Visual	Píxel	No
b	Sierra	No	See5 + ERDAS	Visual	Píxel	No
	Selva	No	See5 + ERDAS	Visual	Píxel	No
c	Sierra	No	Visual Método	No	Píxel	No
	Selva	No	híbrido modificad	No	Segmentos/ ENVI	No
d	No	Sí	See5 + ERDAS	Segmentos/ Berkeley	Segmentos/ Píxel	No
e	No	No	Random Forest	Visual	Segmentos/ ENVI	NDVI, DEM, Tasseled caps (ENVI), Composición fraccional (Classlite)
f	No	No	Método híbrido - Isodata	No	Segmentos/ ENVI	No

CUADRO 4: Pruebas realizadas en la escena LSTM 02_70.

Pruebas a y b. See5/C5 con y sin corrección radiométrica

■ Corrección Atmosférica:

La corrección atmosférica se realiza para eliminar las interferencias de la atmósfera que alteran de forma sistemática el valor de los píxeles. Es por eso que luego de obtener las imágenes debidamente ortorectificadas, se procedió a analizar la imagen para decidir si era necesario realizar una corrección atmosférica. Esta corrección, se da en lugares donde la humedad ambiental se manifiesta con mayor intensidad. Se realizó la corrección atmosférica con ERDAS, restando los valores mínimos de reflectancia de cada banda al banda, pudiendo eliminar así, los efectos conjunto de los valores de dicha banda atmosféricos (ver Figura 4). Este método se denomina Corrección del Histograma por sus Valores Mínimos (Histogram Minimum Method, HMM).

■ Áreas de entrenamiento y clasificación:

El proceso general de interpretación con See5/C5 se muestra en la Figura 5. Para la construcción de las áreas

de entrenamiento se empleó la imagen original en la combinación 453 así como información de referencia, como la de GoogleEarth. La codificación de los polígonos de las áreas de entrenamiento se realizó con base en la leyenda de Corine Land Cover modificada, según los acuerdos regionales. En base a la experiencia en trabajos anteriores, la clasificación supervisada con SEE5 puede llegar a nivel 2 en su totalidad, pero con dificultad al nivel 3. Para llegar a este nivel, que implica un mayor detalle, se interpretó visualmente las imágenes. La información de la escena fue exportada empleando el módulo NLCD.

Sampling Tools al See5/C5. El resultado del SEE5/C5, que es el clasificador, fue importado a ERDAS por medio del mismo módulo NLCD. Luego se procedió a la aplicar las reglas de la clasificación supervisada en ERDAS. El resultado fue revisado visualmente y se hicieron los ajustes en las áreas de entrenamiento para reducir las confusiones entre clases. Este proceso se repitió varias veces hasta obtener un resultado aceptable.

■ Limpieza:

Este proceso comprendió dos partes, la primera de

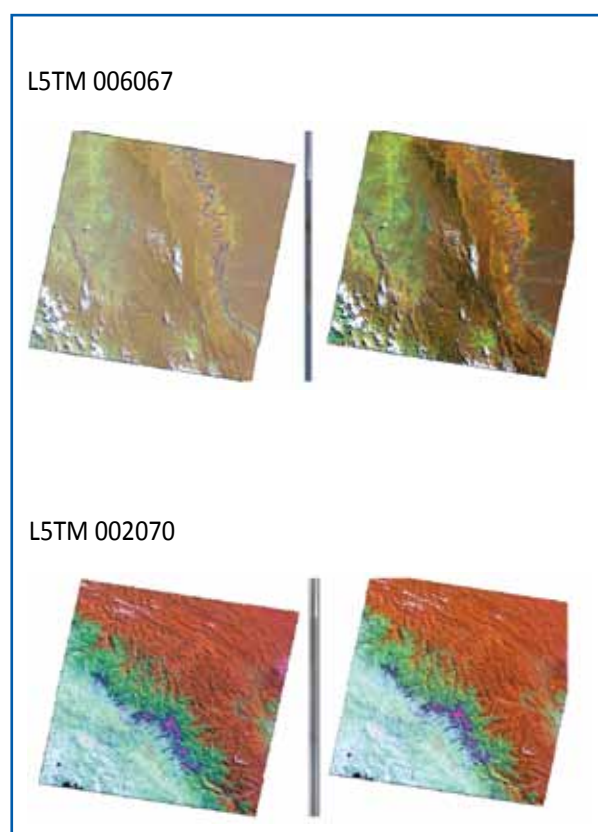


FIGURA 4: Efecto de la corrección atmosférica.

ellas fue la eliminación de ruido bajo el método del vecino más cercano, con un filtro de 3x3, aplicando la función “mayoría de casos”. Antes de realizar la segunda limpieza, el raster se transformó a formato vector en el software ArcGIS 9.3. Luego se realizó un proceso de eliminación de las áreas menores a 5 ha y 25 ha según la unidad mínima de mapeo de cada categoría, empleando la función eliminate de dicho software.

■ Interpretación Visual:

Debido a que las Áreas artificializadas (nivel 1 de la leyenda) no fueron definidas totalmente ni que los salares ni los bofedales “dispersos” (ambos del nivel 3 de la leyenda) no fueron delimitados, se tuvo que recurrir a una interpretación visual para llegar a una delimitación satisfactoria de estas clases.

■ Comentarios y Recomendaciones:

Las clases del nivel 1 y las clases del nivel 2 de la leyenda fueron bien detectados y delimitados con esta metodología a excepción de las correspondientes a las áreas artificializadas (nivel 1 y nivel 2) como ya se mencionó. En el nivel 3, los afloramientos rocosos, las zonas arenosas naturales, los glaciares, las zonas quemadas y los bofedales bien definidos, fueron muy

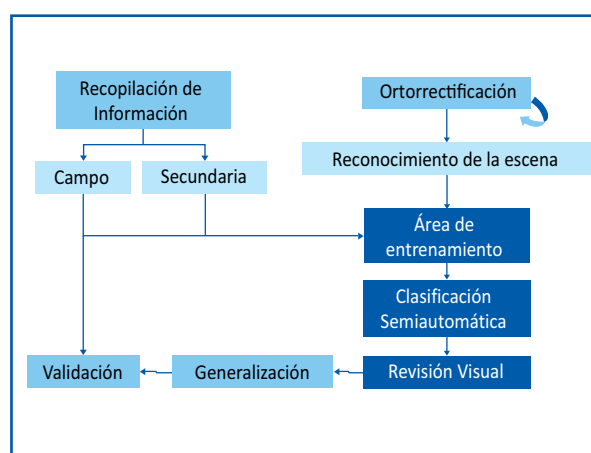


FIGURA 5: Diagrama del procesamiento de la imagen empleando See5/C5.

bien definidos con el uso del clasificador elaborado a partir de SEE5/C5.

Por lo que si se quiere mapear las otras áreas del nivel 3 y las áreas artificializadas de la leyenda, se requiere realizar una interpretación visual, que dependiendo de la imagen, podría tomar tiempo.

Prueba c. Análisis visual y método híbrido modificado

Con la imagen ya georeferenciada, se procedió a realizar una separación manual entre las regiones naturales sierra y selva, y con cada una de ellas se realizó un tratamiento diferente.

■ Área de sierra- Interpretación visual:

El área de sierra se interpretó visualmente para lo cual se usó el programa Arc GIS 9.3. La escala de trabajo fue de 1:40 000 a 1:50 000 y cuando se necesitaba digitalizar áreas menores a 25 ha o complicadas como los bosques de Polylepis, se trabajó hasta una escala de 1:15 000.

La combinación de bandas usada fue 453, pero se podría emplear algún otro tipo de combinación de bandas o realce (proporcionado por el mismo programa) según los requerimientos del intérprete. Se trabajó en base a la leyenda acordada hasta el nivel 3. Se siguieron las recomendaciones de la metodología colombiana y las recomendaciones recibidas en el taller.

■ Área de selva – Método híbrido modificado:

Para el área de selva se realizó el procesamiento de la imagen siguiendo el protocolo método híbrido del protocolo ecuatoriano (MAE, Socio Bosque, y

Recuadro 2. Árboles de decisión y algoritmos de clasificación

Los árboles de decisión, también llamados árboles de clasificación, son una serie de métodos muy flexibles de regresión y de clasificación, que pueden manejar un gran número de variables, incluso con problemas de correlación entre ellas (Salinas, J. y Salazar, C. 2006). Los árboles de clasificación funcionan generando particiones secuenciales del conjunto de datos inicial de tal forma que se maximicen las diferencias de la variable que se quiere clasificar. Al realizarse las divisiones de forma secuencial, se construye un esquema tipo “arborescente”, donde cada rama es una regla de decisión “si-entonces” (Perichinsky 2007). Estas reglas son más intuitivas que las generadas por otros clasificadores, como las redes neuronales, sin embargo, la gran cantidad de ramificaciones hacen que su interpretación no sea fácil.

Diversas instituciones han desarrollado programas específicos de árboles de clasificación. Una familia de ellos es la familia CLS (CLS, ID3, C4.5, C5.0, entre otros) desarrollada por RuleQuest Research Pty Ltd y que su propósito inicial es detectar relaciones estadísticas complejas. El número de ramas que puede originar varía entre dos y el número de categorías del predictor. Para determinar el tamaño del árbol utiliza pruebas de significación estadística (con ajustes de multiplicidad en las últimas versiones).

See5/C5

See5/C5 es el nombre comercial que desde 1997 reemplaza al algoritmo C4.5 que a su vez, provienen de CLS e ID3 (Perichinsky 2007). See5/C5 es considerado como una herramienta de la “minería de datos”, y como tal, ha sido diseñado para analizar bases de datos que contengan cientos de miles de registros con centenares campos de todo tipo de información (RULEQUEST RESEARCH 2012). Para maximizar la interpretación de los datos, los clasificadores de SEE5/C5 son expresados como “árboles de decisión”. El objetivo de la herramienta es descubrir patrones y delinear categorías y usándolos para hacer predicciones (Perichinsky 2007).

See5/C5 se aplica en diversos campos: seguros, contabilidad, recomendar lentes de contacto, compra de computadoras, determinación de créditos, tipo de fármaco a administrar, desarrollo de políticas de personal en una empresa, determinar el tipo de labor que puede desempeñar una persona, entre otros.

La clasificación del uso de la tierra dentro del National Land Cover Database 2001 de Estados Unidos, se usó el software See5. Para ello ERDAS IMAGINE creó una interface para extrapolar los modelos de árboles de decisión derivados en píxeles clasificados.

Luego de comparar algunos algoritmos de clasificación, el Proyecto SERENA (Seguimiento y estudio de los recursos naturales) determinó que la mayor exactitud general (89,9%) se obtuvo con un árbol de clasificación, seguida por las redes neuronales (88,3%), y por el “support vector machine” (78,4%) y que el software utilizado para tal fin fue See5/C5 en entorno Linux. Este proyecto usó esta metodología para la cartografía periódica de la cobertura del suelo en Latinoamérica y el Caribe usando imágenes MODIS.

Por otro lado, el LTA utiliza también esta metodología para el estudio de la deforestación usando imágenes LANDSAT; también la ha usado para clasificar bosques del Alto Mayo a partir de imágenes Rapid Eye.

RandomForest

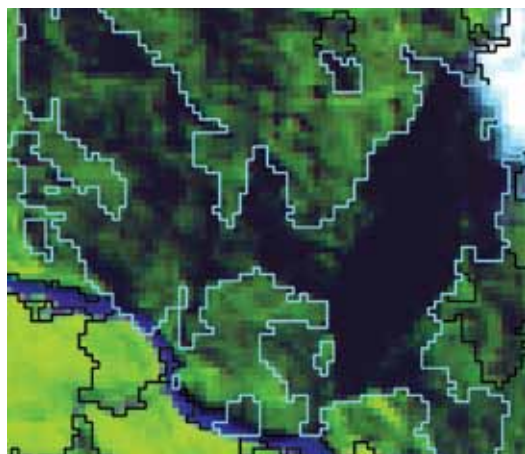
Random Forest es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. (Breiman, L. 2001) Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase (cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas).

CONDESAN 2010, anexo 9) con algunas variaciones. A continuación se hace una reseña del protocolo tal como fue implementado en esta escena.

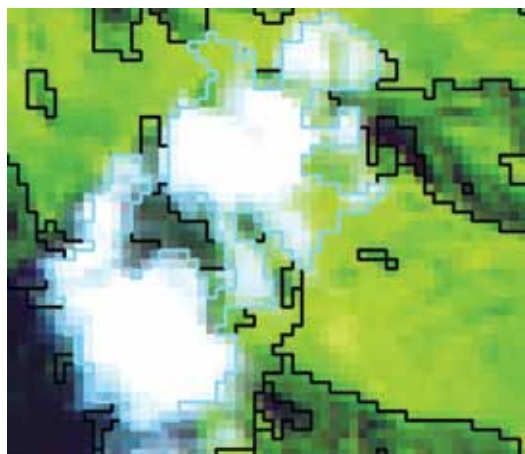
El primer paso fue la extracción de segmentos con el programa ENVI 4.7 mediante la herramienta Feature Extraction. Para este procesamiento se asignaron valores a los parámetros escale y merge. Estos parámetros ajustan el nivel de sensibilidad del algoritmo de segmentación a los cambios en los valores de los píxeles. Los valores de estos parámetros varían según la imagen. Se probaron varias combinaciones (55 - 40 y 60 - 50, por ejemplo). Los valores que mejor resultados

dieron en la segmentación fueron 50 de escale y 55 de merge. En base a esos segmentos se calcularon atributos espaciales, espectrales y de textura para cada segmento.

Una vez terminada la segmentación se exportaron los segmentos, y posteriormente se rasterizaron. El producto obtenido de este proceso de rasterización es una imagen que contiene igual número de bandas que la imagen original, y que corresponden a los valores promedio de respuesta espectral de cada uno de los segmentos generados.



a) Ejemplo de confusión de sombra de nube, con sombra en bosque y algo de bosque.



b) Pérdida de clasificación de agricultura en clase nube.

FIGURA 6: Vistas de problemas en la segmentación.

La imagen fue clasificada de manera no supervisada con el programa ERDAS y se generó un archivo con 255 clases. Luego se realizó un proceso iterativo de selección de clases con alta separabilidad espectral. El proceso fue implementado usando también ERDAS y una hoja de cálculo Excel. La hoja de cálculo lee el reporte de separabilidad generado ERDAS y determina las clases que están correlacionadas para su posterior eliminación en la ventana de edición de firmas espectrales (Signature Editor).

Posteriormente se realizó una clasificación supervisada con ERDAS, obteniéndose una imagen con atributos para las 255 clases. Esta imagen obtenida recibió un post proceso en ArcGis a fin de mantener solo las clases con información generadas. A cada una de las clases se les asignó una categoría de la leyenda.

El proceso de asignación de atributos temáticos se realizó visualmente utilizando como referencia la imagen satelital, en este caso se usó la combinación de bandas 543. Esta imagen de referencia permitió reasignar atributos temáticos a las clases discriminadas por la clasificación automática. El proceso se realizó clase por clase (una a la vez) y se continuó hasta que todos los registros del tuvieran asignada una clase de la leyenda.

Una vez asignadas las clases a los segmentos, y a diferencia del protocolo ecuatoriano, se realizó una unión de los polígonos mediante la herramienta dissolve de ArcGis, con el fin de reducir la cantidad de polígonos y que estos sean de mayor tamaño.

Posteriormente se procedió a realizar una revisión visual y una edición manual, de modo que se corrigieron las clases mal asignadas y se redefinieron los límites de polígonos. Luego se interpretó visualmente para determinar los niveles de la leyenda que no se pudieron obtener mediante el proceso realizado.

■ Integración:

Finalmente con ambas áreas clasificadas correcta y satisfactoriamente se procedió a unir el resultado de sierra y el resultado de selva obteniéndose un solo archivo vectorial para la escena trabajada. En esta etapa se ajustaron los límites de polígonos vecinos de ambas regiones de forma tal que hubiera concordancia y continuidad entre las clases.

■ Comentarios y recomendaciones:

Se observaron algunos problemas con este procesamiento. El problema principal con la interpretación visual fue el avance algo lento debido a la complejidad de la leyenda y a la escala de trabajo (de 1:40 000 a 1:15 000). Por otro lado, la segmentación automática con ENVI dio como resultado un archivo bastante “pesado” (con muchos segmentos), lo que lo hizo difícil de trabajar. Debido a que el archivo resultante debe ser editado, su gran tamaño hace que el procesamiento sea bastante lento.

Además, la segmentación automática produjo límites que no siempre dividieron bien las clases. También hubo errores en la asignación de clases, así como clases iguales fueron separadas. Todos estos problemas tuvieron que ser editados manualmente.

Para la interpretación visual se recomienda, no modificar mucho la escala de trabajo, es decir evitar en lo posible los acercamientos. También se recomienda hacer uso de información secundaria como la de Google Earth,

información de campo, otras fuentes de información secundaria, como ubicación de centros poblados (INEI u otro), mapas de cobertura vegetal, etc. Se estima que la interpretación visual al 100 % de la zona de sierra llevaría de 1,5 a 2 meses por escena; este tiempo estimado estaría influenciado por la experiencia del intérprete.

Con respecto a la clasificación automatizada, esta no se continuó hasta el producto final debido a que la edición manual hubiese sido demasiado trabajosa y requeriría demasiado tiempo.

Por último, si se desea realizar tratamientos diferentes en cada región natural, sería recomendable usar un límite “natural” ya determinado como el límite de Yungas o algún otro similar para optimizar tiempos en la división y estandarizar procesos.

Prueba d. See5/C5 con segmentos como áreas de entrenamiento

En esta prueba se buscó evaluar la segmentación como herramienta para simplificar el trabajo de los intérpretes al momento de definir las áreas de entrenamiento. Es decir, se mantuvieron los píxeles como unidad de análisis y se reemplazó el trabajo del intérprete de dibujar las áreas de entrenamiento por un trabajo de selección de segmentos.

De forma similar a la prueba b (ver Figura 7), se realizó la corrección atmosférica de toda la escena para tener una escena con menor efecto de nubosidad y con ello tener mayor cantidad de segmentos que generen mejores áreas de entrenamiento para la clasificación supervisada.

■ Segmentación con Berkeley Image Segmentation:

Con esta metodología se realizaron diferentes segmentaciones para el área piloto (no se usó el total de la imagen). Con el programa Berkeley Image Segmentation. En este software se emplean tres parámetros para controlar la forma y tamaño de los segmentos.

Áreas de entrenamiento y clasificación:

Los segmentos generados en el paso anterior con los diferentes tratamientos fueron seleccionados para constituir las áreas de entrenamientos (de los tres tratamientos se seleccionaron diferentes segmentos que representaban de la mejor manera las clases deseadas). En las áreas de entrenamiento se asignaron códigos que representan a las clases que se encuentran en el área piloto.

Las áreas de entrenamiento fueron transformadas a raster (el resultado de la segmentación se encontraba

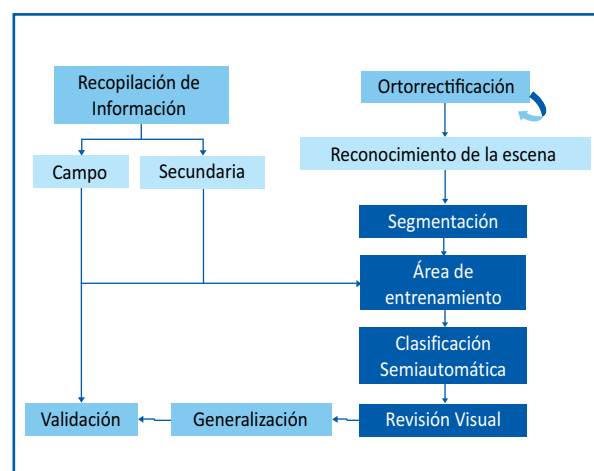


FIGURA 7: Diagrama del procesamiento de la imagen empleando la segmentación como fuente de áreas de entrenamiento.

en formato vector). Luego con la herramienta NLCD de ERDAS Imagine las áreas de entrenamiento fueron llevadas al programa SEE5, para generar los árboles de decisión y así construir el clasificador. El clasificador fue llevado a ERDAS para ser utilizado para realizar la clasificación supervisada de la escena completa. Si bien las áreas de entrenamientos fueron generados en el área piloto, los procesos anteriormente descritos se realizaron en toda la escena. Esto ocurrió debido a limitaciones de tiempo. Es esperable que ampliando las muestras al conjunto de la escena se obtengan mejores resultados.

Debido a que el proceso de segmentación automática fue utilizado para generar las áreas de entrenamiento, en esta oportunidad los segmentos (áreas de entrenamiento) sólo fueron añadidos, borrados o cortados parcialmente. No se crearon nuevas áreas de entrenamientos diferentes a las existentes del resultado de la segmentación.

En total, se realizaron 9 iteraciones con el programa SEE5/C5 para llegar a la clasificación supervisada final, luego de lo cual se aplicó un filtro de 3x3 a la imagen resultante con la función “mayoría”.

■ Edición final:

La imagen resultante de la clasificación supervisada ya filtrada fue transformada a vector (shapefile). Este proceso se realizó en ArcGis y mediante la herramienta Eliminate se asignaron a la clase contigua de mayor borde los polígonos menores o iguales a 5 ha. Posteriormente, se utilizó la herramienta Dissolve que agrupó a los polígonos de la misma clase.



FIGURA 8: Resultados de la segmentación con Berkeley Image Segmentation.

■ Comentarios:

La generación de segmentos a diferentes umbrales dio como resultado gran cantidad de polígonos, lo que dificultó la selección de áreas de entrenamiento para hacer la clasificación supervisada al sobrecargar el tiempo de visualización, manipulación y selección de los polígonos de las imágenes satelitales. Sin embargo, el problema principal fue que en esta prueba, se esperaba que la segmentación ayudara a la generación de áreas de entrenamiento, pero al no obtenerse segmentos con límites bien definidos para representar los bordes de la reflectancia de los cuerpos en el área piloto, el proceso de segmentación no pudo realizar adecuadamente dicha tarea.

Dado que el tiempo de generación de cada segmentación estuvo entre los 15 y 20 minutos, y a que la generación de una segmentación óptima requiere una gran cantidad de pruebas, se llegó a la conclusión que invertir el tiempo necesario en la segmentación para construir áreas de entrenamiento adecuadas no es recomendable, resultando más eficiente construirlas manualmente de la forma habitual. Como era de esperarse, no se obtuvieron buenos resultados en las primeras iteraciones de la clasificación supervisada (con SEE5/C5) a nivel de toda la escena, puesto que la selección de áreas de entrenamiento no fueron las idóneas para la escena, siendo una gran limitante restringirse sólo a un área dentro de la escena para la representación de áreas de entrenamientos. El resultado de las últimas iteraciones mejoró, sin embargo no cubre en su totalidad las características que muestra la imagen.

Prueba e. RandomForest sobre segmentos

La metodología se basa en una clasificación supervisada sobre segmentos, incorporando información complementaria disponible para la imagen. Como clasificador se viene probando el RandomForest. Para el presente estudio se viene usando la implementación sobre RandomForest del programa R (v. 2.14.0). En ese sentido, el procesamiento de la información requiere la construcción de tres conjuntos de datos: en primer lugar, las áreas de referencia, que incluyen a las áreas de entrenamiento; en segundo lugar, los segmentos; y en tercer lugar, una base de datos con información complementaria. Todo este procesamiento parte de la revisión de las imágenes ortorrectificadas. (ver Figura 9).

La primera revisión de la imagen busca que el intérprete 1) reconozca las clases existentes en la escena, 2) identifique los principales problemas que pueden aparecer para dibujar los bordes entre las clases, y 3)

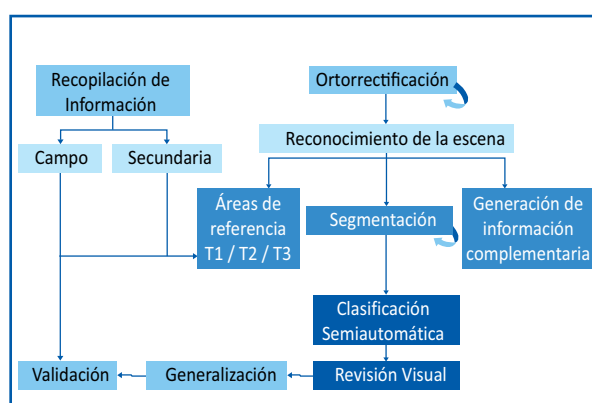


FIGURA 9: Diagrama del procesamiento de la imagen empleando la segmentación como unidades de clasificación.

si se trata de una escena previamente trabajada para otra fecha, se familiarice con las clases identificadas y los polígonos identificados como áreas de referencia. Al final de esta primera revisión el intérprete tendrá: a) una idea de qué información complementaria se podría incorporar, y b) un archivo con un conjunto de polígonos que servirá como base para identificar las áreas de entrenamiento, este archivo describe no sólo la clase observada si no también la fuente empleada para confirmar dicha clase.

Para la generación de información complementaria se emplearon índices de vegetación pre-construidos que podían ser rápidamente calculados con la información existente (en particular las capas de composición fraccional de ClassLite y Tasseled Caps de ENVI) e información derivada del DEM de 90m desarrollado por la USGS. Sin embargo, se podría incorporar otra información que el intérprete considere oportuna o necesaria.

En paralelo se segmentó la imagen. La segmentación empleó el software ENVI, pero podría realizarse con cualquier otro software siempre y cuando pueda cumplir con un estándar de calidad. El estándar de calidad incorpora dos pasos. En el primer paso, se realiza un control visual sobre las clases que se requiere identificar. Dicho control visual se enfoca en confirmar una delimitación adecuada de las clases con el menor número de polígonos posibles, para lo cual se buscan los límites que se hayan previsto como de difícil determinación durante la revisión preliminar de la imagen. El segundo paso del control de calidad requiere la revisión de la calidad de la segmentación en un conjunto de puntos distribuidos al azar, de forma similar al protocolo de control de calidad preliminar de Colombia. Alrededor de cada punto se construyó un buffer de 2Km, y en estas áreas se evaluaron todos los segmentos. Se consideró una segmentación incorrecta en los casos en los que los segmentos no reconocían adecuadamente el límite entre dos clases. No se consideró una segmentación incorrecta si la segmentación generaba más bordes que los que el intérprete identificó (Figura 10).

Concluida la segmentación y la generación de información complementaria, se asignó la información complementaria a cada uno de los segmentos. Posteriormente se procedió a iniciar el proceso de revisión de las áreas de referencia. Las áreas de referencia fueron separadas en tres tipos:

Tipo 1. Áreas de entrenamiento, aquellas áreas que representan clases significativas en la escena y que la segmentación reconoció correctamente. Estas áreas

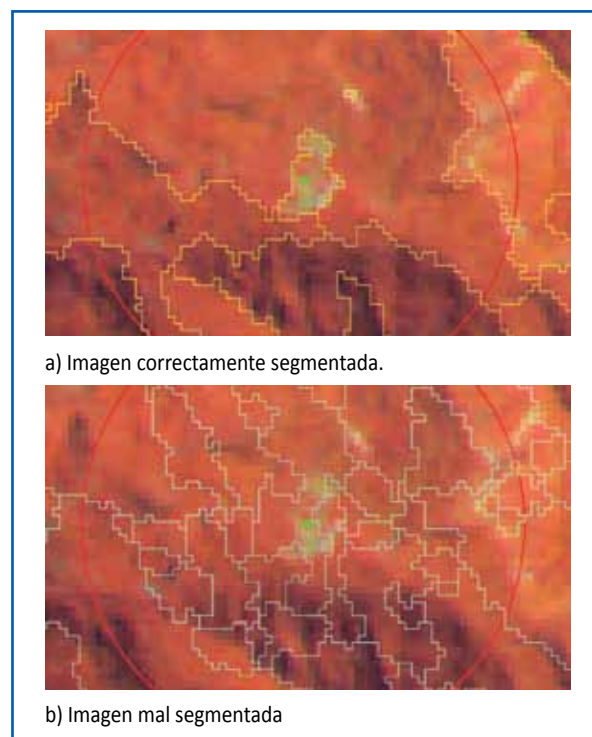


FIGURA 10: Vista del control de segmentación en la escena LSTM 007-067 del 2009-06-05.

se emplean luego para seleccionar los segmentos que se emplearán para efectuar la clasificación supervisada. P.e. Bosque denso alto, herbazal, etc.

Tipo 2. Áreas de asignación manual, aquellas áreas bien identificadas por la segmentación que representan clases poco recurrentes en la escena y que el intérprete decide que se trabajaran manualmente (es decir, que la determinación de estas clases será manual y no a través del sistema de clasificación supervisada). En este caso, los segmentos no entran a la clasificación semiautomática y, al final de dicha clasificación, la clase asignada manualmente prevalece sobre la clasificación semiautomática. P.e. Minería.

Tipo 3. Áreas de superposición, aquellas áreas que la segmentación no reconoció adecuadamente y que el intérprete dibuja manualmente (p.e. aeropuertos, ríos, carreteras).

El proceso de clasificación sigue un proceso iterativo en el que:

1. Se revisan las áreas de referencia;

2. Se asigna a los segmentos la clase del área de entrenamiento que se intersecta con cada una de ellos, estos segmentos serán los que se emplearán para calibrar el modelo;
3. Se verifica que no hayan duplicidades en la selección;
4. Se aplica el clasificador a los segmentos empleando toda la información contenida en el segmento (tanto la información espectral obtenida de la imagen como la información complementaria), para lo que se empleó la librería Random Forest del R;
5. Con el fin de reducir posibles problemas de autocorrelación en el conjunto final de datos, se evalúa la importancia de cada una de las variables empleando el índice “mean decreases Gini” (que se calcula automáticamente para cada variable). Para ello, se selecciona un umbral a partir del cual no hay pérdida significativa en la calidad de la información (en términos de la matriz de confusión, del PCC y del Kappa) y permite descartar una parte considerable de las variables;
6. Se evalúa la calidad interna del modelo y si pasa el umbral de referencia ($PCC > 0,8$ y $Kappa > 0,75$) se procede a extrapolar el resto de la imagen, si no, se regresa al punto 1;
7. Se extrapola al resto de la imagen, reemplazando la información de los segmentos que se intersectan con las áreas de asignación manual (tipo 2) con la clase que se obtiene de ellas y se evalúa el resultado, de no ser satisfactorio se regresa al punto 1;
8. Se revisa visualmente para hacer una asignación manual de los errores que se puedan encontrar en el resultado obtenido en el paso 6; y
9. Se superponen las áreas de referencia del tipo 3 sobre la imagen obtenida en el paso anterior y se hacen los ajustes finales.

En cada paso de la iteración (1-6) se almacena información sobre la calidad de la misma, los tipos de ajuste efectuados, los resultados parciales, entre otros. Es importante indicar que hasta el paso 7 se mantiene una duplicidad en la forma de almacenamiento de la información, existiendo tanto en formato raster como vectorial con representación espacial idéntica.

Concluido el proceso de clasificación, se inicia un proceso de limpieza basado en la identificación de las unidades mínimas que deben ser borradas, para lo cual se siguen las reglas de generalización del método de Corine Land Cover adaptado para Colombia (IDEAM, IGAC, y CORMAGDALENA 2008). Para la implementación del protocolo de limpieza se desarrolló en R un algoritmo

que permite aplicar las reglas topológicas sobre los polígonos obtenidos del paso 8. El proceso busca reducir el trabajo del intérprete al asignar los polígonos que no cumplen el criterio de unidad mínima de mapeo a la clase con más afinidad de forma semiautomática. Esta asignación no busca redibujar polígonos, por lo que las clases de mosaicos no son trabajadas, y deben ser trabajadas manualmente por el intérprete. En principio, un polígono que no cumple la UMM se asigna al de mayor prioridad que esté en su entorno; de haber más un polígono a cual juntarlo, se le asigna al de longitud mayor; y si hay más de uno con la misma longitud se puede asignar aleatoriamente (si es menor a 2,5 Ha) o bien se le deja marcado para que el intérprete lo revise posteriormente. El algoritmo se repite hasta que todos los polígonos a) han superado la UMM, b) se ven rodeados de otros polígonos de una clase a la que no pueden juntarse (p.e. agricultura rodeada de herbazales, bosques rodeados de nubes), o c) el algoritmo identifica una situación que requiere atención del intérprete (es un polígono separado del resto de la imagen, está junto a un polígono “imposible”, hay más de una opción y es muy grande para asignación aleatoria). El resultado es luego revisado por el intérprete, quien verifica los polígonos que requieren su atención y posteriormente procede a redibujar las clases tipo mosaico.

Todos estos procedimientos han sido documentados de forma más detallada en forma de protocolos (ver anexos 1.D y 1.E). Es importante indicar que este procedimiento fue desarrollado de nuevo para el presente estudio, por lo que una parte importante de este protocolo requirió el desarrollo de códigos de computadora que permitan manipular grandes volúmenes de información. De hecho, la construcción de algunas de las bases de datos completas fue inicialmente realizada en una computadora con un procesador Intel Core i7 de segunda generación, con 16 Gb de memoria RAM, aunque luego se pudo revisar el código para hacerlo ejecutable en cualquiera de las máquinas empleadas, con menos de 3 Gb de memoria RAM.

■ Resultados:

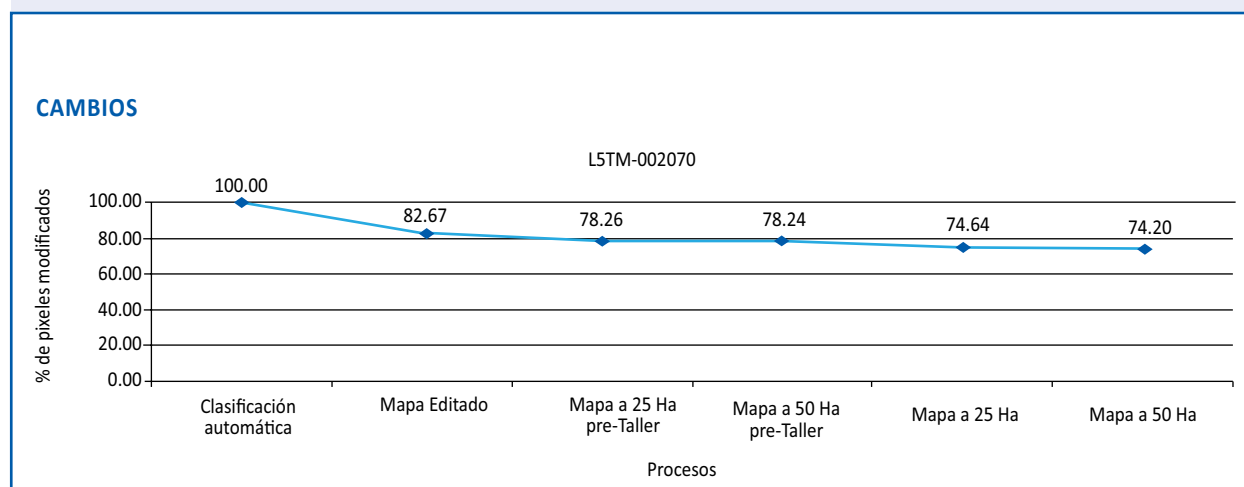
En este caso, el trabajo se concentró sobre el área de prueba binacional correspondiente a la escena 2-70. El Cuadro 5 muestra el resumen del procesamiento de esta área de prueba. El trabajo con esta escena se vio muy enriquecido con el trabajo binacional realizado durante el IV taller regional. Durante dicho taller se pudo revisar la interpretación realizada, encontrándose algunos aspectos que se pudieron mejorar (aprox. 4% del área). En conjunto, el proceso de revisión de todos los píxeles ha implicado una corrección del

26% de la escena, en comparación con el resultado del clasificador automático. De este porcentaje, un 4 a 5% corresponde a cambios durante el proceso de limpieza topológica para cumplir las reglas de las unidades mínimas de mapeo. Aproximadamente, un 10% corresponde a cambios identificados durante el propio proceso de calibración del modelo (áreas de asignación manual y áreas de superposición). Asimismo, el porcentaje de píxeles modificados por el efecto de la generalización es marginal.

Prueba f. Método híbrido-Isodata

Este método de clasificación se basa en el protocolo de interpretación de imágenes de Ecuador (MAE, Socio Bosque, y CONDESAN 2010), y su aplicación se dio en el marco del proceso de capacitación realizado por el equipo de Ecuador. El método híbrido parte de segmentos construidos empleando la función FeatureExtraction del ENVI. En base a esos segmentos, se promedia la información de cada banda. Con esta información se generan 255 clases empleando un algoritmo no

Imagen	LSTM 002 070 20100808 (cortada al área de prueba binacional)
Superficie analizada	1 769 Km ² (aprox. 37% de una Landsat)
Variables empleadas	Estadísticas de las bandas 1-7 (ENVI) Índices de vegetación (ENVI) Información de textura (ENVI) Tasseled caps (ENVI) Vegetación fraccionaria (ClasLite) Indicadores topográficos (Elevación, pendiente)
Tiempo de procesamiento	Segmentación: 36 horas (varios experimentos, con procesadores distintos) Clasificación: 304 horas (entrenamiento, proceso, arreglos y edición, 184 horas solo en las iteraciones). Generalización: 24 horas (entrenamiento, proceso, arreglos y edición final a 25 y 50Ha) TOTAL: 45 días (considerando 8 horas laborales al día).
Número de polígonos	Segmentación: 102505 Clasificación: 51780 Generalización: 2052



NOTA: Se incorporan las mejoras realizadas al mapa luego del trabajo binacional, durante el taller de Lima, en Febrero del 2012.

Imagen			L5TM 002 070 20100808 (cortada al área de prueba binacional)					
Clases identificadas	111 112 122 124 131 132	341 342 343 344 345						
Total: 24 clases	21 25	412						
	311 312 313 314	511 512						
Número de iteraciones	3311 331 334	91						
Validación (a nivel 2)	5							
Comentarios generales	PCC: 86,7%	Kappa: 0,8						
			Esta área de prueba sirvió para calibrar la metodología, principalmente de clasificación semi-automática como de generalización. En el proceso de segmentación fue empleado mucho tiempo para encontrar un resultado que sea satisfactorio para las dos regiones que componen la escena. El trabajo de campo fue indispensable para poder interpretar especialmente las clases de la región sierra, por ser una región muy compleja y variada. Así mismo el trabajo binacional contribuyó en gran medida en la interpretación, ajuste y edición de algunas clases. Al inicio de las iteraciones el script de clasificación aun no estaba listo, por lo que se invirtió varias horas en experimentos previos y rutas alternas hasta poder llegar a un procedimiento semi automático.					

CUADRO 5: Ficha del procesamiento de la imagen 2-70 empleando random forest y segmentación.

supervisado. Posteriormente dichas clases se van agrupando siguiendo un criterio de máxima separabilidad entre las clases que quedan. Finalmente, se asignan las clases resultantes a las clases que se pueden reconocer en la imagen de forma visual (combinación de bandas 453).

El ejercicio fue desarrollado para evaluar su viabilidad como parte del protocolo para el Perú, sin embargo no se concluyó su aplicación. El principal motivo que guió la suspensión de su aplicación fue que se trataba de un procedimiento muy trabajoso para su edición. Sin embargo, no fue la única consideración. También parecía recomendable incorporar en el procesamiento otros datos que se obtenían de la segmentación, como los parámetros de textura o información de máximas y mínimas de los valores de las bandas.

C.4.3 Discusión y conclusiones

El Cuadro 6 describe los resultados encontrados para el análisis realizado con estos procedimientos. De forma similar, Como parte del proceso de discusión se concluyó que se explorarían los métodos supervisados. La primera razón, fue que los métodos no supervisados evaluados y los conocidos por los expertos del equipo no permitieron la ganancia en tiempo esperada dado

el nivel de detalle requerido. De hecho, el nivel de revisión visual requerido se percibió como muy alto. La segunda razón, y probablemente la más importante, es que los sistemas de clasificación supervisados facilitan documentar el criterio del intérprete al momento de determinar las clases, y por ende, facilitan el seguimiento del procesamiento de la imagen, pues al almacenar las áreas de entrenamiento, estas pueden ser revisadas posteriormente. Esto no sólo permite discutir las decisiones tomadas, sino que también podría ayudar a reducir el trabajo en años subsecuentes, al irse acumulando una base de datos que puede servir de referencia para futuras clasificaciones.

De forma similar, se concluyó que era más eficiente desarrollar áreas de entrenamiento de forma visual, ya sea que se trabaje con píxeles o con segmentos como unidad de clasificación. Esto porque la segmentación no es un proceso tan simple o automático, por lo que no puede sustituir eficientemente al intérprete en la selección de áreas de entrenamiento.

Los mapas producidos por las dos metodologías que fueron evaluados posteriormente se muestran en la Figura 11. Es importante indicar que parte de las diferencias observadas entre ambos mapas se debe a la diferencia temática alcanzada, pues el estándar

Prueba	Avance	PCC ¹	Kappa ¹	Comentarios
a	Completa	85,8%	0,782	La evaluación de estos procesos dio por resultado una gran similitud entre ambos resultados, por lo que los análisis se fusionaron.
b	Completa			
c	Incompleta			
d	Incompleta	86,7%	0,8	el proceso de edición y limpieza se evaluó como muy lento y trabajoso. Resultados parciales insatisfactorios.
e	Completa			
f	Incompleta			

NOTA: ¹ Métricas calculadas en función de la leyenda regional.

CUADRO 6: Principales resultados del procesamiento de la información.

de referencia era la leyenda regional. Por ejemplo, elementos registrados como 3.4.3 en un mapa pueden haber quedado referidos en el otro como 3.4. Como se puede ver en la Figura 5 y en la Figura 9 las diferencias entre ambas metodologías cubren dos aspectos, uno vinculado a la segmentación y el segundo al empleo de información complementaria. Estas dos metodologías fueron evaluadas a mayor profundidad, y los resultados de esa comparación se discuten más adelante (ver C.5.4).

C.5 Aplicación de la metodología al área de prueba central y al área binacional Ecuador-Perú

En esta segunda etapa del proyecto se procedió a hacer una aplicación a un conjunto relativamente amplio de imágenes con las dos metodologías que se priorizaron en el paso anterior. A continuación, se presenta una descripción de lo realizado con cada una de ellas, y posteriormente una discusión de dichos resultados.

C.5.1 Trabajo de campo y revisión de información secundaria

El trabajo de campo se concentró en el levantamiento de información para la zona central, según lo previsto. Para la preparación del trabajo de campo se identificaron las principales rutas a ser recorridas (ver Figura 12), las mismas que buscaron llegar, prioritariamente, a las áreas de dudas de los intérpretes. Estos puntos predefinidos, que tienen por objeto mejorar la calibración de la imagen, se juntaron con los puntos predefinidos para validación que se construyeron en base a una matriz cuadrada de puntos homogéneamente distribuidos. Ambos

conjuntos de puntos predefinidos fueron cargados en los GPS de los equipos de campo.

El trabajo de campo se organizó en cuatro equipos que recorrieron las distintas rutas. Cada uno de los equipos siguió una estrategia “oportunistas” de recojo de información de campo, tratando de maximizar la cantidad de información recogida de campo. Una parte de esa información requiere para su empleo adecuado construir herramientas específicas para su procesamiento. Como producto del trabajo de campo se obtuvieron 566 puntos en total (ver Cuadro 7). Estos puntos se usaron prioritariamente para aclarar dudas existentes y, en segundo lugar, para evaluar la calidad de la interpretación de las imágenes.

Los puntos predeterminados para validación que no fueron asequibles desde campo se trabajaron con re-interpretación de la misma escena L5TM y con información de alta resolución de GoogleEarth que fue trabajada para el mosaico central (ver C.5.2). Por restricciones de tiempo, en algunas zonas se seleccionó un subconjunto de puntos (un tercio). En total, se evaluaron 1133 puntos para validación a lo largo de toda la sección central y 93 puntos en la zona binacional Perú-Ecuador. La cantidad de puntos obtenidos y el hecho de que fueran obtenidos por el mismo equipo que realiza la interpretación implican que los puntos conseguidos se pueden emplear como parte del proceso de control de calidad de la generación de los mapas, pero no para una validación propiamente dicha.

Para ayudar al proceso de generación, sistematización y análisis de la información de campo se podrían

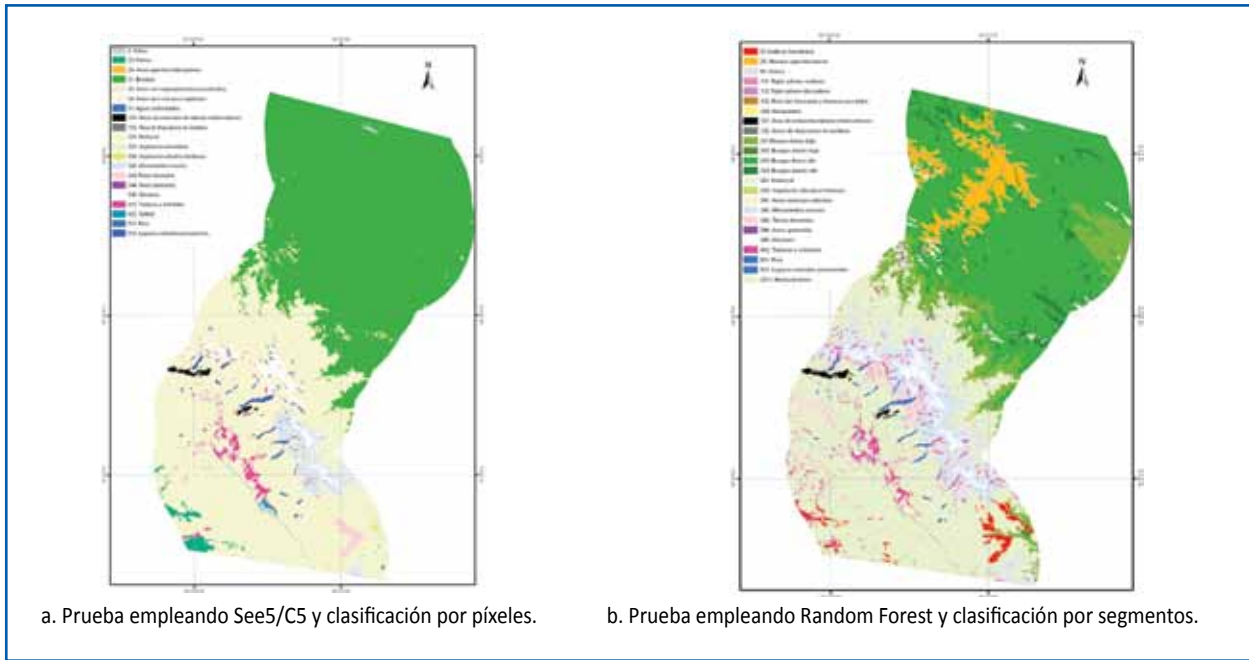


FIGURA 11: Mapas de cobertura y uso de la tierra del área binacional Bolivia-Perú producidos empleando métodos supervisados de clasificación

crear varias herramientas que ayuden a fortalecer su desarrollo. También se han empezado a generar algunas herramientas para facilitar el procesamiento de la información de campo, como juntar la información de campo (Waypoints, tracks, información de puntos de campo y base de datos de fotos) en un archivo KML que pueda ser posteriormente visto en GoogleEarth. Sin embargo, una parte de los puntos que se tomaron en campo no han podido ser incorporados al análisis de los mapas por carecer de algoritmos eficientes

para realizar esa tarea. Queda pendiente el desarrollo de estos algoritmos y su uso más sistemático como parte de un proceso continuo de evaluación, corrección y mejora de las interpretaciones realizadas. Sin embargo, para alcanzar tal fin, habría que revisar cuáles deberían ser los mecanismos para que el intérprete sólo sepa el resultado final de la evaluación de la calidad temática sin que sepa exactamente qué puntos fueron evaluados.

Fuente	Calibración	Propósito Validación	Ortorectificación	Total de puntos
Trabajo de campo				
Ruta1	61	159	29	249
Ruta 2	24	94	1	119
Ruta 3	0	154	0	154
Ruta 4	0	44	0	44
Información satelital				
Zona central		682		
Zona norte		93		

CUADRO 7: Síntesis del número de puntos obtenido durante el trabajo de campo.

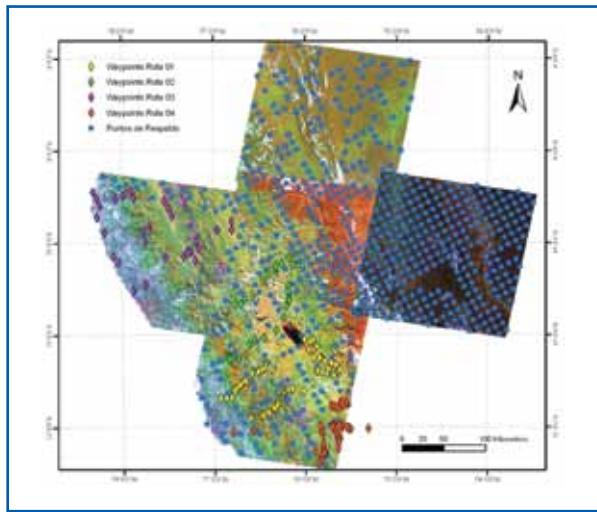


FIGURA 12: Mapas de rutas puntos muestreados en la zona central.

C.5.2 Procedimiento empleando See5/C sobre píxeles

El análisis e interpretación de las imágenes satelitales de la parte central del Perú se realizó individualmente, cada escena fue clasificada supervisadamente usando los clasificadores producidos por el programa SEE5/C5 como ya se explicó. Se definieron especialmente los niveles uno y dos de la leyenda, para llegar a niveles de mayor detalle se realizó una interpretación visual siempre y cuando la clasificación supervisada no satisficiera con el resultado. Una vez concluido el análisis del conjunto de las escenas, una persona procedió al proceso de empalme.

C.5.2.1 Interpretación de las escenas centrales

Las imágenes LANDSAT TM utilizadas fueron la 06_067, 07_066, 07_067, 07_068 y 08_067. De ellas, sólo se realizó la corrección atmosférica a la imagen 06_067 según el procedimiento mencionado anteriormente.

En la imagen 006_067, fue necesario realizar máscaras de nubes, sombras y ríos para agilizar el trabajo. Se realizó una clasificación supervisada aparte para generar estas máscaras. Las áreas de entrenamiento en esta imagen fueron elaboradas con mayor énfasis en las nubes, sombras y ríos, para así obtener la máscara respectiva (ver Figura 13). A continuación se puede apreciar la máscara de nubes y sombras. Cabe mencionar que se han encontrado las mismas limitaciones para clasificar algunas clases que en la imagen de Puno.

De igual manera que el procesamiento de la imagen de Puno, hay necesidad de realizar una interpretación visual de las imágenes para cumplir con la leyenda adoptada.

En la imagen 008_067 se realizó un paso adicional que en las otras imágenes. Para mejorar la apariencia visual del resultado se “suavizó” (smooth) automáticamente

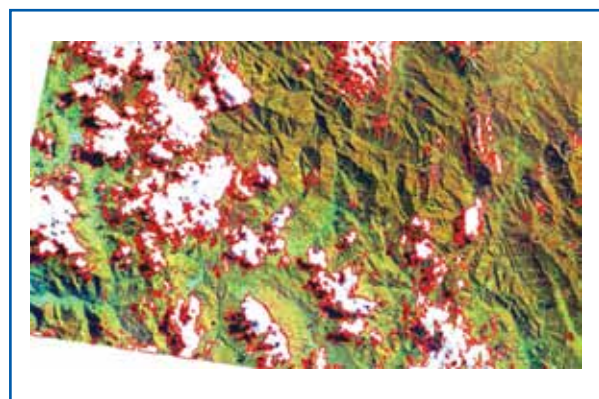


FIGURA 13: Ejemplo de la máscara de nubes y sombras.

los polígonos. Así ángulos agudos en líneas y polígonos fueron suavizados empleando la herramienta Smooth del ArcGis con la opción polígono y con el método PAEK (Aproximación polinomial con núcleo exponencial) y con una tolerancia (Smoothing Tolerance) de 75 m. Luego del suavizado, se procedió a eliminar los huecos que se generaron empleando la función eliminate.t

C.5.2.2 Empalme de las escenas centrales

La elaboración del mosaico correspondiente a las escenas centrales fue responsabilidad de una sola persona. Para construirlo, el responsable empezó construyendo un mosaico de las imágenes originales (ver Figura 14). Los vectores de la clasificación de cada imagen fueron cortados a los límites de los empalmes correspondientes al mosaico. Esto garantizó que el empalme fuera más limpio y que los siguientes pasos fueran más fáciles de realizar.

Una vez cortados los vectores al área de empalme del mosaico, se procedió a realizar los empalmes de los vectores de las clasificaciones. Ese proceso se hizo clase por clase, de esta manera se revisaron las incoherencias que hubiesen podido existir (no se unió la clasificación escena por escena), todo esto en función de la leyenda resultante. Luego de cada empalme se realizó una revisión general de cada vector de la imagen, se puso mucha atención en las zonas de intersección de imágenes, para ver la secuencia y coherencia del resultado; en algunos casos se realizó un análisis más profundo en las intersecciones si hubieran diferencias. Para realizar este proceso se usó la herramienta Dissolve de ArcGis, para que la visibilidad de los empalmes mejore y baje el número de polígonos a trabajar.

Una vez que cada clase fue empalmada, se unieron todas las clases para tener un producto final, es decir que se realizó la unión entre empalmes. Mediante la herramienta Union del ArcGis se unieron estos empalmes, la bondad de esta herramienta es que respeta la individualidad de las columnas al unirse y genera. Para cada unión de empalme, valores ceros en las intersecciones que se generan. se creó una nueva columna donde se colocó el código de las clases finales para ese empalme. Es aquí donde se da prioridad a clases, es decir clases que no se van a cambiar por ningún motivo (como nubes y sombras) tienen prioridad uno, ríos y lagunas prioridad dos, así sucesivamente.

En la Figura 15 se muestra el resultado final: el mosaico para toda el área. Se aprecia que los empalmes tienen secuencia coherente gracias a que cada clase se ha

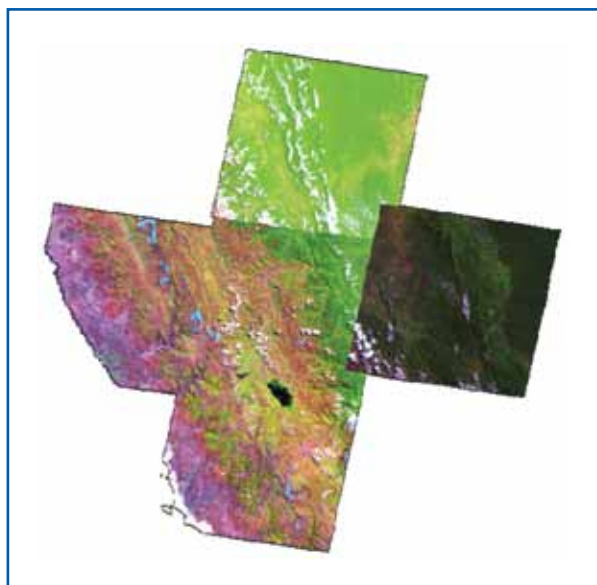


FIGURA 14: Mosaico de imágenes del área de prueba central.

separado, se ha revisado y se ha editado; esto garantiza la conectividad adecuada de cada clase entre imágenes. Así, no son perceptibles los límites de las imágenes trabajadas (excepto en la clase no dato que es nubes y sombras) y prácticamente, no se notan los empalmes de imagen a imagen. Solo se aprecian en las zonas donde en los límites de las imágenes hay nubes en unas y en las vecinas no.

C.5.2.3 Áreas piloto de trabajo Ecuador - Perú

La imagen satelital usada en esta zona fue Aster en la combinación de bandas 4, 3, 2, que pertenecen al sensor VNIR de resolución espacial de 15 m y resolución radiométrica de 8 bits.

C.5.3 RandomForest sobre segmentos

La aplicación de este protocolo fue de carácter experimental, en tanto no se tenían experiencias previas a nivel nacional con este tipo de procesamiento. Este carácter experimental implicó un tiempo extra que se tuvo que invertir en la calibración metodológica y en el desarrollo de criterios que se aplicaron en los distintos pasos de los protocolos. Este tiempo extra invertido no permitió completar la tarea de analizar las cinco escenas centrales y las dos zonas binacionales al norte y sur del territorio nacional, pudiendo sólo avanzar cinco del total de siete previstas. Así mismo, dado el carácter exploratorio y experimental de este procedimiento, a continuación

se detallan las particularidades de lo hecho en cada una de las escenas, entre el Cuadro 8 y el Cuadro 11.

C.5.4 Discusión

El conjunto de mecanismos empleados para generar información espacial en base a imágenes multiespectrales de resolución media han dado resultados favorables, aunque aún es necesario continuar el proceso de afinamiento de las técnicas para conseguir resultados óptimos. A continuación se revisan algunos aspectos vinculados a las clases de la leyenda y la capacidad de las imágenes ópticas de identificarlas, a la ortorrectificación de las escenas, al proceso de interpretación en sí y al proceso de limpieza y generalización.

C.5.4.1 Evaluación de la leyenda

El trabajo de análisis realizado evidenció la existencia de un conjunto de clases que, bajo ciertas circunstancias, se vuelven de muy difícil detección con la información otorgada por un satélite como el Landsat TM. Es el caso de la distinción entre áreas de cultivos transitorios y permanentes (clase 21 vs. 22). La dificultad de su interpretación suele ser manejada incorporando la zona como mosaico de cultivos (clase 24), pero sería necesario buscar alguna estrategia que permita avanzar en el largo plazo hacia una distinción más efectiva de las clases 21, 22 y 23.

Similarmente, existen problemas en la distinción de los arbustales y los herbazales. En este caso, se podría trabajar en la construcción de una línea base con mayor detalle empleando información de alta resolución y

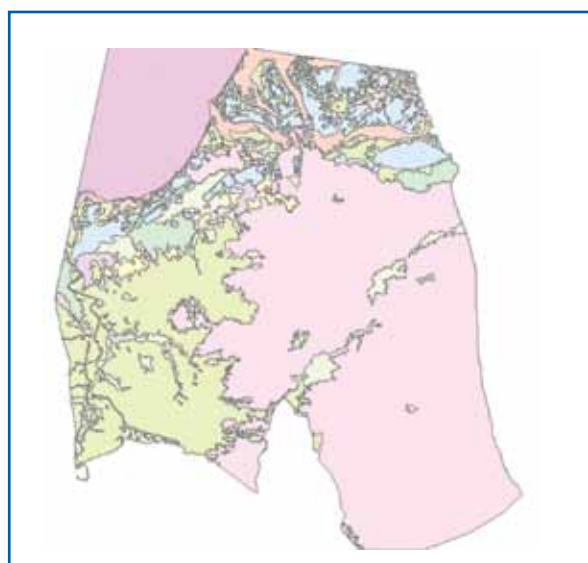


FIGURA 16: Mosaico interpretado del área de prueba central.

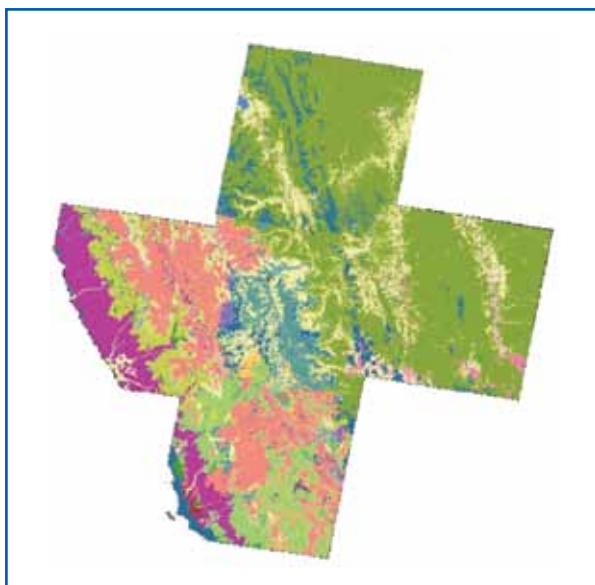


FIGURA 15: Mosaico interpretado del área de prueba central.

trabajo de campo más intensivo. Sin embargo, este trabajo debería considerar el desarrollo de criterios y herramientas que puedan funcionar en el contexto de un sistema de monitoreo, y que por lo tanto pueda ser robusto en el tiempo.

Finalmente, si bien Landsat 5 TM proporciona una base de datos consistente que el período 1985-2010, será importante revisar las características del próximo satélite de la serie Landsat o de algún otro remplazo que permita construir los mapas de los próximos años. Estas características serán fundamentales para evaluar si las confusiones entre clases observadas se mantendrán o si se espera que se puedan reducir esos problemas.

C.5.4.2 Ortorrectificación

El protocolo de ortorrectificación es un aporte en sí para el proceso de interpretación de imágenes satelitales pues la experiencia al respecto a nivel nacional era escasa o de difícil acceso. El tener las herramientas para enfrentar el problema fue en buena parte gracias a los procesos de intercambio de experiencias promovidos por el proyecto regional. En este aspecto, el principal aporte es el desarrollo de una herramienta simple para evaluar la correspondencia entre dos imágenes o mapas ortorrectificados.

Un aspecto que se debe completar es la construcción de una capa de referencia de imágenes ortorrectificadas de mayor calidad, pues el GeoCover 2000 empleado presenta problemas en algunas áreas del Perú. De hecho,

el equipo de Bolivia informó que ellos estaban empezando a emplear el GeoCover 2010, realizado empleando el DEM de 30m (Ledesma, I. 2012 com. pers.), opción que habría que evaluar para las posteriores interpretaciones.

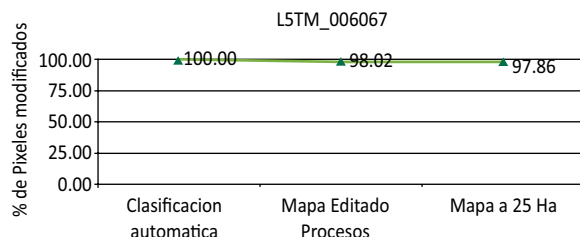
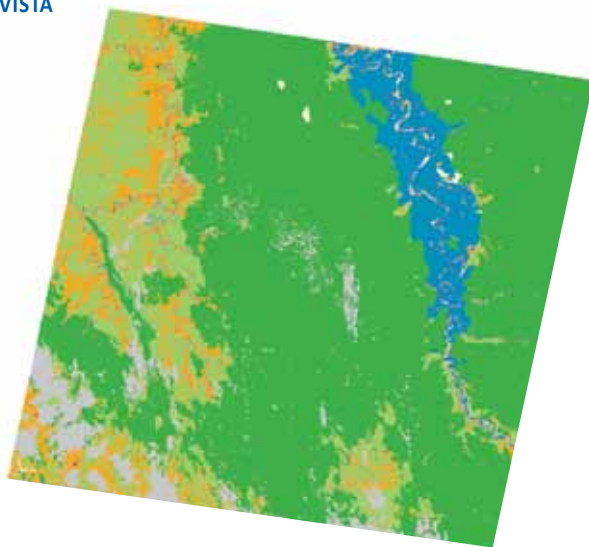
Un aspecto importante es que la metodología debe ser robusta ante estos cambios metodológicos, que se darán siempre en cualquier proceso de monitoreo de largo plazo como el que se espera construir con este proyecto.

C.5.4.3 Interpretación

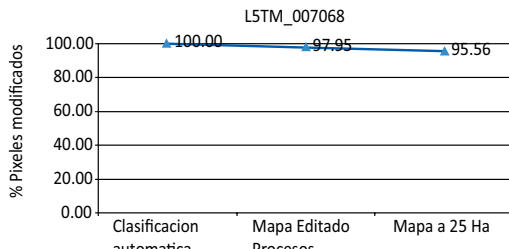
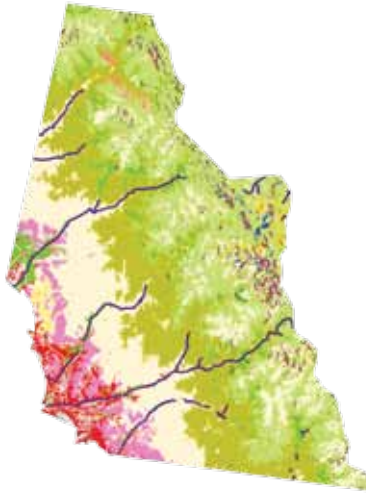
Para el proceso de interpretación se discutieron y analizaron varias alternativas, incluyendo interpretación puramente visual, empleo de corrección atmosférica, sistemas de clasificación supervisada y no supervisada, clasificadores de máxima verosimilitud y basados en árboles de regresiones y el empleo de píxeles y segmentos como unidades de clasificación. Luego de una revisión y análisis preliminar de dichas opciones, que incluyó pruebas de aplicación, se optó por evaluar en profundidad dos metodologías basadas en sistemas supervisados de clasificación y en clasificadores basados en árboles de regresión. (Ver cuadro 12)

El primer método (A) se basó en el empleo de la herramienta See5/C5, que es un clasificador que se comunica con ERDAS y permite hacer una clasificación a nivel de píxel. Este método viene siendo probado y desarrollado durante varios años y ya hay experiencia a nivel nacional sobre su uso. El segundo método (B) empleó una segmentación (grupos de píxeles contiguos con números digitales similares) como base para el análisis y como clasificador empleó Random Forest, como librería de R. Este método requirió un desarrollo especial durante el proyecto. Siendo la segmentación una herramienta poco trabajada a nivel nacional, el taller de capacitación desarrollado por el equipo de Ecuador fue especialmente valioso. De todas formas, dado que se trataba de un desarrollo propio que incorporaba un sistema supervisado, hubo que generar rutinas para facilitar la comunicación entre el R y el ArcGIS.

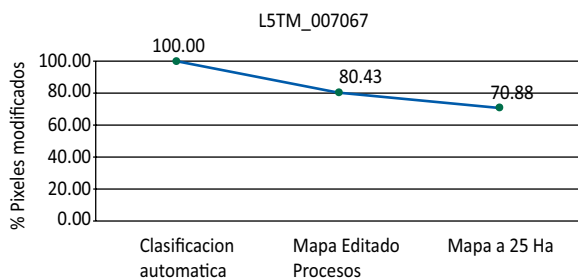
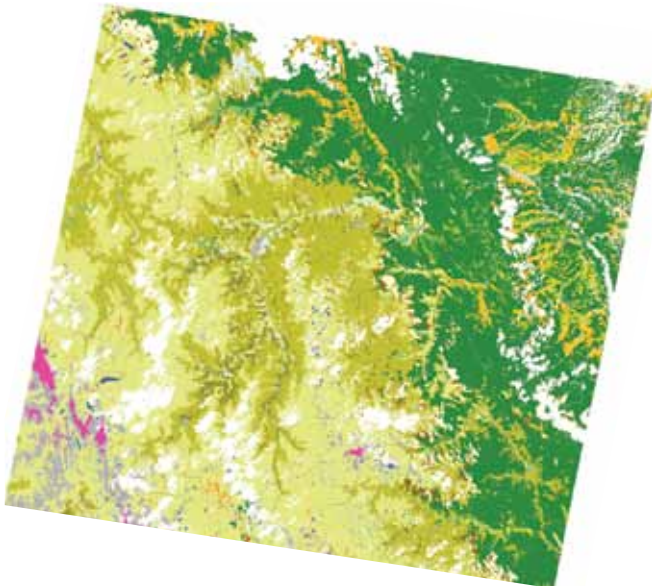
En términos generales, ambos métodos cumplen de forma similar varios de los criterios de comparación definidos inicialmente. Por ejemplo, ambas pueden emplearse de forma similar para garantizar la trazabilidad de la información y para sistematizar el proceso de interpretación realizado en la escena (aunque en ambos casos se requiere terminar de afinar los protocolos para garantizar que estos procesos se den adecuadamente). En particular, al comparar los resultados al nivel II de la leyenda y III para la clase 3.3 (siguiendo el estándar regional) se pudo observar que el nivel de error cometido por ambas fue similar, presentando ambas dificultades en las mismas clases. Así

Imagen	LSTM_006067 2010-08-20	Superficie analizada	33 000 Km²
Variables empleadas	Estadísticas de las bandas 1-7 (ENVI) Índices de vegetación (ENVI) Información de textura (ENVI) Tasseled caps (ENVI) Vegetación fraccionaria (ClassLite) Indicadores topográficos (Elevación, pendiente, curvaturas)		
Tiempo de procesamiento	Segmentación: 24 horas Clasificación: 120 horas. Generalización: 15 horas. TOTAL: 19 días (considerando 8 horas laborales al día)		
CAMBIOS		Número de iteraciones:	4
		Número de polígonos	Segmentación: 57451 Clasificación: 21810 Generalización: 5810
		Clases identificadas	
		Total: 13 clases	
		111	341 343 344
		24	511 513
		313 315	9
		331 333 334	
VISTA		COMENTARIOS GENERALES	
		Esta escena recoge un paisaje netamente amazónico, con una zona de fuerte intervención y otra con baja intervención. En esta escena el primer problema fue encontrar unos parámetros de la segmentación que permitieran reconocer adecuadamente los segmentos en la zona intervenida como en la zona sin intervención. En este caso, se optó por un parámetro de segmentación medio que no generaba demasiado detalle. Esto permitió tener un número relativamente pequeño de segmentos, pero generaba polígonos que incluían áreas agrícolas de menos de 25 Ha con bosque, o al revés. En tanto la unidad mínima de mapeo era 25Ha, en el caso de esta escena se consideró que esto no generaba un error de segmentación. Posteriormente, si se encontraron segmentos de bosque de más de 25Ha dentro de áreas identificadas como bosque fragmentado, se procedió a editar los segmentos para recuperar las unidades de bosque mal representadas.	

CUADRO 8: Ficha del procesamiento de la imagen 6-67 empleando RandomForest y segmentación.

Imagen	LSTM_007068 2010-04-21	Superficie analizada	16 038 Km2 (aprox. 48% de una Landsat)
<p>Variables empleadas</p> <p>Estadísticas de las bandas 1-7 (ENVI) Índices de vegetación (ENVI) Información de textura (ENVI) Tasseled caps (ENVI) Indicadores topográficos (Elevación, pendiente, curvaturas)</p> <p>Tiempo de procesamiento</p> <p>Segmentación: 2968min = 49,5h Clasificación: 139h (AdE: 99h; R: 16h ; Clasific. Manual: 24h) Generalización: 900min = 18h TOTAL: 25,8 días (considerando 8 horas laborales al día)</p>	<p>CAMBIOS</p>  <p>COMENTARIOS GENERALES</p> <p>Esta escena presentó problemas para encontrar un único parámetro de segmentación. La presencia de lomas en esta escena era muy sensible a las combinaciones de los parámetros de segmentación, por lo cual se las tomó como referencia para evaluar la selección de dichos parámetros. Además, presentaba intensa nubosidad en el extremo este. Para enfrentar estos problemas se cortó el área con alta nubosidad y la imagen remanente se cortó en dos al momento de segmentar. El corte fue realizado según las regiones naturales dominantes (subregiones), costa y sierra, en la imagen recortada. Posteriormente las dos subregiones fueron re-agrupadas y luego clasificadas de forma conjunta.</p>	<p>Número de iteraciones</p> <p>Número de polígonos</p> <p>Clases identificadas</p> <p>Total: 32 clases</p> <p>111 112 121 122 123 124 125 131 141 21 22 23 24 31101 31201 32</p>	<p>Detalle segmentación:</p> <p>Pre-Ensayos: 2400min A: 195min B: 313min Fusión AB: 60min</p> <p>12 Segmentación:134877 Clasificación: 14351 Generalización: 3590</p> <p>3312 3322 334 341 342 343 344 345 412 413 421 512 515 522 61 62</p>
		<p>VISTA</p> 	

CUADRO 9: Ficha del procesamiento de la imagen 7-68 empleando RandomForest y segmentación.

Imagen	L5TM_007067 2009-06-05	Superficie Analizada	33 000 Km ²
Variables empleadas	Estadísticas de las bandas 1-7 (ENVI) Índices de vegetación (ENVI) Información de textura (ENVI) Tasseled caps (ENVI) Indicadores topográficos (Elevación, pendiente, curvaturas)		
Tiempo de procesamiento	Segmentación: 50 horas (19 pruebas, experimentos varios) Clasificación: 488 horas (9 iteraciones, proceso, edición y modificaciones, 128 horas solo en iteraciones) Generalización: 60 horas (entrenamiento, proceso, correcciones, y edición final a 25 Ha) TOTAL: 75 días (considerando 8 horas laborales al día)	Número de iteraciones Número de polígonos	9 Segmentación: 814447 Clasificación: 94 992 Generalización (avance parcial): 38221 22428 no cumplen su UMM)
CAMBIOS			
 <p>L5TM_007067</p> <p>% Píxeles modificados</p> <p>Clasificación automática Mapa Editado Procesos Mapa a 25 Ha</p>			
VISTA			
			
		Clases identificadas Total: 31 clases 111 112 122 131 132 21 23 24 25 311 31101 312 313 314 315 32 342 343 344 345	412 511 512 9

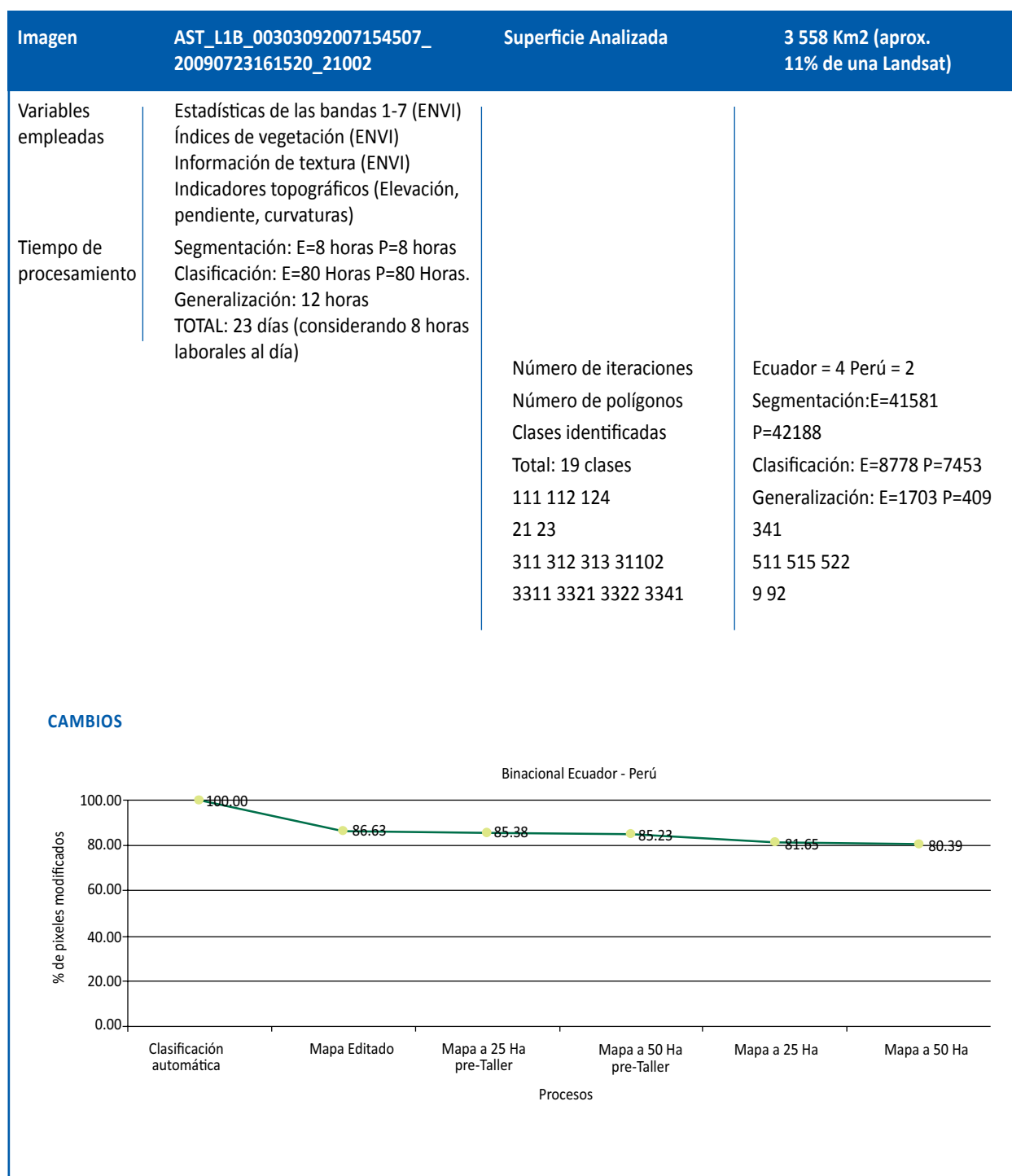
CUADRO 10: Ficha del procesamiento de la imagen 7-67 empleando RandomForest y segmentación.

COMENTARIOS GENERALES

Esta escena contiene patrones muy contrastantes de uso y cobertura. En este caso, se buscó un único parámetro de segmentación que permitiera analizar toda el área. Dicho parámetro llevó a una segmentación muy detallada, con más de 800 mil polígonos. Es recomendable cortar en partes aquellas escenas que tengan patrones de paisaje contrastantes. Por ejemplo, realizar la segmentación cortando en dos una escena que comparta la vertiente andina con la llanura amazónica.

Los aspectos de la clasificación que generaron mayor complejidad fueron: la designación de porcentajes de cobertura agrícola al momento de determinar las áreas heterogéneas y los cultivos transitorios, la diferenciación de los bosques de Polylepis dentro de los bosques bajos, la delimitación de los bosques fragmentados, la delimitación de las áreas quemadas en selva baja, y la identificación y delimitación de turberas o bofedales. Así mismo, se observaron patrones de coloración disímiles en herbazales altoandinos, pero no fue posible representar esa diferencia en la leyenda existente. Para el proceso de clasificación con el uso del software R se tomaron como independientes a aquellas “clases particulares” referidas a centros poblados, aeropuertos, áreas de quemadas, áreas de extracción de minería y disposición de residuos. Siendo designados manualmente e incorporados luego de la clasificación automática.

La dificultad generada por la gran cantidad de segmentos se arrastró hasta el final de la clasificación. Tras la revisión visual de la clasificación se tenían aún 47496 polígonos, de los cuales 31874 no cumplían el criterio de UMM. Luego de aplicar el script de generalización se identificaron 3368 polígonos que pudieron ser adscritos a polígonos mayores, pero permanecían aún 28640 polígonos cuya UMM era mayor que su área. Para ayudar a reducir el problema se desarrolló un script para esta escena que busca ayudar al intérprete a identificar los polígonos que no cumplen la UMM que están: (1) a menos de 50 m de uno que sí cumple, (2) a menos de 500 m de uno que tampoco cumple, y (3) aislados de los demás. De esta forma, se identificaron 7594 polígonos que debían juntarse con áreas aledañas por estar aislados, 22735 que debían trabajarse posteriormente. El trabajo de limpieza de estos 22735 es un tema aún pendiente. 15015 de estos polígonos tienen un área equivalente a la décima parte de su UMM, pero la decisión de eliminarlos no puede ser automática. Se requiere un trabajo posterior para seguir construyendo herramientas que ayuden a hacer los ejercicios de generalización.



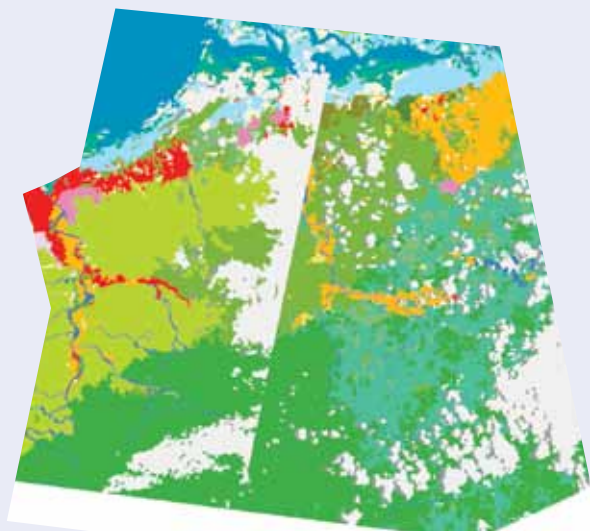
CUADRO 11: Ficha del procesamiento de imágenes Aster en la zona binacional Ecuador - Perú empleando RandomForest y segmentación.

COMENTARIOS GENERALES

Esta zona se trabajó con imágenes ASTER provistas por Ecuador. Dada la ausencia de imágenes Landsat, este análisis buscaba evaluar la aplicabilidad del procesamiento a otro tipo de imágenes satelitales. El análisis de las imágenes satelitales se realizó con información de 2 escenas Áster de Marzo 2006 y 2007, dividiendo el análisis en dos partes una en la zona oeste para el 2006 y la zona este para el 2007, en la superposición y empalme de ambos resultados del procesamiento se pudo observar algunas variaciones en la segmentación y desplazamiento entre los bordes que no superan los 35m (Zona de manglares parte baja).

En las áreas de entrenamiento para el proceso de clasificación con el software R no se consideró los centros poblados, aeropuertos y algunos ríos secos ya que se decidió ser incorporados como áreas de referencia siendo estos digitalizados manualmente. Respecto a la zona central del empalme del lado peruano existía mayor porcentaje de nubosidad limitándose a no interpretar con otro insumo estos ámbitos. El tiempo empleado para la generación de áreas de entrenamiento se desarrolló en base al apoyo de imágenes de Google Earth, información secundaria y de especialistas que conocen el lugar en el ámbito peruano. Es recomendable tener en cuenta para una mejor clasificación un trabajo de campo que sirva para calibrar y mejorar el resultado.

VISTA



Criterios	Método A	Método B
Clasificador	See5/C5	Random Forest
Unidad de clasificación	Píxel	Segmento
Uso de información complementaria	No	Sí
Nivel de leyenda regional alcanzado	Nivel 2	Nivel 3
Estado de avance de la metodología	Varios años en uso	Experimental ¹
Tiempo de capacitación	Regular	Alto
Tiempo de persona	1,5 meses	2 - 2,5 meses
Tiempo de máquina	Marginal con un equipo de al menos 2Gb de RAM	Marginal con un equipo de al menos 8Gb de RAM
Replicabilidad	1 software propietario necesario	Ningún software propietario necesario
Calidad del mapa (a nivel 2 de la leyenda)	Alta	Alta
Trazabilidad de la información	Revisión de áreas de entrenamiento	Alta
Capacidad de conversar con la leyenda		PCC: 86,7% Kappa: 0,8
Adaptabilidad a nuevas tecnologías		Depende del post-proceso
Forma de hacer la re-interpretación		Alta
		Alta
		Revisión de áreas de entrenamiento

NOTA: 1 Otras experiencias similares se vienen trabajando por el servicio forestal de Estados Unidos (Ruefenacht, B. y Lister, A. 2012 comm. pers.) y por el Wood Hole Research Center (Taller en imágenes de radar del GEO Forest Carbon Tracking, 2012, Bogotá, Colombia).

CUADRO 12: Síntesis de la comparación entre la clasificación empleando See5/C5 y píxeles, y la realizada empleando RandomForest y segmentos.

mismo, la forma de hacer la interpretación de otros años de la misma escena podría ser similar: tomando como base las áreas de entrenamiento ya calibradas para un año y revisándolas y editándolas, para desde ahí volver a correr el resto del protocolo.

Sin embargo, sólo el método A pudo completar el proceso de análisis de las cinco escenas centrales, además de las dos áreas binacionales. En términos generales se estima que con el método A se necesitan entre 1,5 y 2 meses para que un intérprete con pleno conocimiento de la metodología pueda interpretar una escena Landsat completa siguiendo la leyenda acordada regional.

El método B, en tanto proceso experimental, requirió más tiempo para su calibración y aprendizaje, además del tiempo necesario para construir las herramientas de análisis. De hecho, cada escena interpretada fue un reto distinto que necesitó adecuaciones particulares de la metodología. Con este protocolo se pudo trabajar tres de las cinco escenas centrales, además de ambas áreas binacionales.

En términos de tiempo de capacitación, ambos requieren un proceso de aprendizaje similar en lo referente a la generación y manejo de las áreas de entrenamiento. El punto más importante, es darle al intérprete las bases

para entender qué es una clasificación supervisada y cómo mejorar la capacidad predictiva del modelo. Sin embargo, el método B, al requerir un paso adicional, la segmentación, necesita también un proceso de aprendizaje y capacitación un poco más largo.

En términos de capacidad predictiva del modelo, uno de los principales aportes del método B es que podría permitir llegar a un nivel III de la leyenda de forma consistente, pero confirmar esta afirmación requiere un proceso de validación más intenso que no pudo desarrollarse en el presente estudio. También sería importante discernir si es que es la segmentación o la inclusión de información complementaria la que ayuda a llegar hasta nivel III. Lo cierto es que este mayor nivel de precisión también implicaría un mayor tiempo dedicado a la interpretación de las escenas. De hecho, con los resultados preliminares se estima que con este método, un intérprete con pleno conocimiento de la metodología podría necesitar unos 2 meses o un poco más para interpretar una escena Landsat completa.

En términos de equipo de cómputo necesario, el método B (el método más exigente en términos de hardware) requiere sistemas que puedan trabajar sin problemas archivos con cientos de miles de polígonos y millones de nodos, por lo que se estima que se necesitaría una computadora con al menos 4Gb de RAM (entorno Windows XP, p.e.), u 8Gb

de preferencia (p.e. entorno Windows 7). Sin embargo, es importante indicar que buena parte del procesamiento se trabajó en computadoras con 2Gb o menos de RAM, lo que si bien hizo un poco más lento el proceso no lo hizo imposible. Una ventaja de esta aproximación es que requiere de un programa propietario menos que el procesamiento con el método B, puesto que el algoritmo RandomForest se puede ejecutar en R, de forma completamente gratuita a diferencia del See5/C5 que es un software propietario. Más aún, el proceso completo del método B podría realizarse con software no propietario siempre y cuando los estándares de control de calidad de ortorrectificación y segmentación se cumplan. Por otro lado, cabe indicar que el costo de la licencia del See5/C5 no es prohibitivo y que el trabajo se puede organizar de tal forma que con sólo una licencia puedan trabajar varios intérpretes. Más aún, se podría construir un sistema de intranet que podría permitir a los intérpretes ejecutar el software propietario en modo remoto, optimizando los tiempos de ejecución para una fase de producción.

El post-procesamiento también presentó algunas diferencias. Principalmente, el proceso desarrollado para el método A se basa en el empleo iterativo de las herramientas incluidas en el ArcGis, mientras el algoritmo desarrollado en el método B mezcló las herramientas topológicas equivalentes a las del ArcGis con los criterios semánticos desarrollados en el protocolo de CORINE Land Cover, aplicados de forma repetida. Ambos procesos requieren ajustes posteriores. En particular el método B, donde se espera poder avanzar hacia un algoritmo de generalización que permita que el propio algoritmo pueda redibujar polígonos y modificar las clases en función de la composición (en términos porcentuales) de las unidades que lo componen, y que se pueda incorporar algoritmos para reducir el número de nodos que no dañen las relaciones topológicas. Por lo pronto, ambos procedimientos, si bien reducen el volumen de trabajo, requieren un trabajo intenso posterior de supervisión de parte del intérprete.

C.6 Conclusiones y recomendaciones

El proceso ha resultado profundamente enriquecedor para el proceso nacional de construcción de un sistema de monitoreo de cobertura y uso de la tierra. Luego de este proyecto existe una gran cantidad de elementos que pueden servir de base para desarrollos posteriores del sistema de monitoreo. Lo más importante es que se tiene un conjunto de protocolos que recogen la experiencia Sub regional Andina, y que permiten ser la base para trabajar y para profundizar, posteriormente, las mejoras de un sistema de monitoreo de la cobertura y uso de la tierra de largo plazo. Para ello se han desarrollado protocolos, formularios y

una base de datos cuyo objetivo fundamental es que se pueda hacer el seguimiento de las formas en las que cada imagen es procesada.

Uno de los aspectos más importantes en el proceso de construcción de este sistema de monitoreo es el desarrollo de la leyenda consensuada. La leyenda trabajada permite no sólo organizar temáticamente la información de un mapa, si no vincular temáticamente los cambios en la resolución del mapa y es una herramienta clave para estructurar los cambios al momento de plantear protocolos de generalización. Al respecto, uno de los aspectos fundamentales es ampliar el nivel de consenso sobre la leyenda con otros actores nacionales, y hacerlos partícipes del proceso para que se sepa qué esperar de una leyenda de este tipo, y qué no. En particular, podría ser interesante aprovechar la coyuntura del censo agrario para abrir este tipo de debate.

Por otro lado, con la tecnología de sensores Landsat 5 y 7 principalmente, se encuentran que es difícil la clasificación de algunas clases de cobertura, no obstante el empleo de imágenes Landsat 8 ofrece mejores condiciones para el análisis y el monitoreo nacional de cobertura y uso de la tierra que será necesario evaluar con mayor profundidad, teniendo en cuenta las mejoras en resolución espacial, mayor sensibilidad a las variaciones de radiancia y que su distribución es gratuita. Asimismo, será fundamental el empleo de las imágenes de alta resolución Rapideye (5mt) que el MINAN a través de la Cooperación del Gobierno del Japón ha adquirido para todo el país correspondientes a los años 2011 y 2012, a partir del cual es factible calibrar el método de análisis para su aplicación en imágenes de este tipo, también para la validación de análisis para su aplicación en imágenes Landsat, o como base del monitoreo de coberturas en ámbitos más focalizados.

Afortunadamente, ambos métodos evaluados permiten a la fecha desarrollar mapas de forma consistente con diversas fuentes de información (existen experiencias de ambos métodos empleando incluso información de radar). De forma similar, es esperable que otros métodos se sigan desarrollando, incrementando la capacidad de reconocimiento de los sistemas automáticos y semi-automáticos, o fortaleciendo las capacidades de interpretación visual. Por ello, se recomienda fortalecer el trabajo de definición de estándares de calidad. Los métodos acá desarrollados pueden servir de base para documentar un nivel mínimo de calidad y de exigencia temática para el desarrollo de mapas posteriores.

Varios de los aspectos trabajados hasta ahora requieren mayor proceso de análisis y refinamiento. Entre los principales componentes a trabajar, se recomienda:

- Aplicar la metodología a nivel nacional, con el fin de construir un mapa de cobertura y uso de la tierra que permita mejorar la toma de decisiones en las regiones y en el país. Para ello, se recomienda: 1) fortalecer la participación nacional en el proyecto regional; 2) continuar con la fase 2 del proyecto nacional en coordinación con la CAN y los otros países de la región; y 3) extender los avances obtenidos hasta la fecha a actores académicos y técnicos nacionales y regionales.
- Profundizar los análisis de las metodologías de clasificación desarrolladas, generando librerías de áreas de entrenamiento que puedan ser replicables en el tiempo, sistematizando los procesos aplicados a cada imagen, y generando alianzas con otros centros de investigación internacionales que vienen desarrollando tecnologías similares.
- Consensuar con las diversas instituciones que desarrollan y requieren este tipo de mapas un protocolo de control de calidad de la información interpretada, que permita garantizar la calidad del producto y la documentación del mismo. El protocolo debería incluir: métricas de calidad basadas en la matriz de confusión, aspectos de control topológico similares a los desarrollados en Colombia, métricas de precisión del proceso de ortorrectificación y un proceso exhaustivo de documentación del proceso de interpretación (muestras visuales de las clases interpretadas y una descripción detallada de los pasos seguidos).
- En caso de constituir un sistema de interpretación de imágenes satelitales, este debería incorporar mecanismos de sistematización de la experiencia (e.g. control de tiempo, bases de datos de áreas de entrenamiento, documentación de procesos) que permitan el aprendizaje en el mediano y largo plazo.
- Se recomienda desarrollar la investigación en protocolos de corrección radiométrica y de ortorrectificación, recogiendo los avances compartidos en la región.
- Completar el desarrollo del procedimiento de limpieza y generalización desarrollado de tal forma que se pueda incorporar los componentes semánticos y topológicos de forma más consistente y rápida en el procesamiento de las imágenes.
- Finalmente, en lo que respecta al proceso de institucionalización de los estudios de cambios de la cobertura y uso de la tierra, el MINAN ha dado un paso importante al proporcionar un marco normativo para la generación de esta información y el monitoreo territorial al aprobar la RM N° 135-2013-MINAN que señala las pautas para la ejecución del Estudio Especializado de Análisis de los cambios de la Cobertura y Uso de la tierra, integrándose a los instrumentos técnicos del proceso de ordenamiento territorial. Se recomienda que a partir de ello, se promueva el desarrollo del sistema de clasificación de coberturas y se genere el consenso entre los principales sectores, gobiernos regionales y locales del país para desarrollar las categorías del sistema de clasificación de acuerdo a los diferentes niveles de detalle que demandan los procesos de análisis en el marco del ordenamiento territorial, así como de otros procesos nacionales como el Inventario Forestal Nacional, Implementación de REDD+, entre otros.

2.2.3 Proceso de difusión y capacitación

El proceso de transferencia de información del proyecto al MINAM se realizó a través de dos formas. En primer lugar, con la participación permanente y de la UNALM en la implementación de los diversos protocolos desarrollados de pre- y post-procesamiento, como son el protocolo de ortorrectificación, el de control de calidad de la ortorrectificación y el de generalización.

El equipo del MINAM que participó en este proyecto ha formulado un plan de capacitación para extender

la experiencia hacia otros expertos del ministerio, empleando los materiales desarrollados durante el proyecto. En tercer lugar, los profesionales de la DGOT han desarrollado capacitaciones y asistencia técnica a los equipos de los gobiernos regionales que vienen ejecutando sus procesos de ordenamiento han sido territorial.

Actualmente hoy más de 300 profesionales capacitados en estos procedimientos de análisis.

2.3 ACTIVIDADES PENDIENTE DE EJECUCIÓN

Las actividades previstas aún no implementadas están referidas al desarrollo del marco institucional sin embargo, como parte del proceso de implementación de los sistemas de monitoreo, y en el marco de otros proyectos interministeriales que se vienen ejecutando, se puedan tener las reuniones de coordinación necesarias para su implementación.

2.4 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CONVENIO

Desde nuestro punto de vista el convenio MINAN - SGCAN - UNALM - FDA a resultado muy provechoso para el desarrollo de capacidades técnicas en el país, pues nos ha permitido: 1) hacer una revisión en profundidad de las metodologías que se vienen implementando en los países de la Comunidad Andina, 2) desarrollar un primer conjunto de protocolos nacionales que pueden servir ahora para la implementación de una metodología estándar, y que son la base documental para posteriores mejoras y perfeccionamientos de la misma, 3) construir un conjunto de herramientas de análisis que permiten avanzar hacia mecanismos semi-automatizados (como los de generalización o estimación del error de la ortorrectificación), y 4) poner las bases para un sistema web que permita documentar el procesamiento de las imágenes satelitales ha fortalecido la capacidad del MINAN como ente rector en la materia.

3. SOCIOS Y OTROS TIPOS DE COOPERACIÓN

3.1 ¿CÓMO VALORA UD. LA RELACIÓN ENTRE LOS SOCIOS FORMALES DEL PROGRAMA?

Aporte información específica respecto a cada socio. ¿Cómo valoraría Ud. la relación entre su organización y otras autoridades estatales? ¿Cómo ha afectado dicha relación al desarrollo del Convenio? A lo largo del proyecto el nivel de comunicación entre los actores fue variando en forma e intensidad. Lo más importante fue un incremento en la intensidad de las interacciones de los técnicos tanto del MINAM como de la UNALM, gracias al trabajo conjunto realizado. Este incremento en la intensidad del trabajo se materializó en varias sesiones de trabajo realizadas en la UNALM con personal del MINAM, así como en los talleres de capacitación. En el espacio regional, los talleres binacionales y

regionales fueron un espacio fundamental para coordinar actividades, pero principalmente para contrastar ideas e intercambiar avances. El debate con los pares de la región ha permitido fortalecer los desarrollos metodológicos propios del Perú, generando un espacio de fortalecimiento institucional importante. Creemos que los avances hechos pueden servir también para enriquecer el debate en otros países, lo que se manifestó en el taller regional a través del interés en varias herramientas desarrolladas y en los resultados obtenidos por el proyecto nacional. En tal sentido la CAN ha jugado un rol crucial facilitando y promoviendo estos intercambios.

Anexo 1. PROPUESTA DE LEYENDA DE COBERTURA DE LA TIERRA - PERÚ

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
1. Áreas Artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo 1.1.2 Tejido urbano discontinuo		Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ella, que configuran un tejido urbano.	Requiere información secundaria
	1.2 Áreas industriales e infraestructura	1.2.1 Áreas Industriales o comerciales 1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados 1.2.3 Áreas portuarias 1.2.4 Aeropuertos 1.2.5 Obras hidráulicas		Comprende áreas cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.	Requiere información secundaria
	1.3 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombros	1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos 1.3.2 Áreas de disposición de residuos		Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras e hidrocarbúferas, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. (Incluye colas y desmontes).	Requiere información secundaria
	1.4 Áreas verdes artificiales no agrícolas	1.4.1 Áreas verdes urbanas 1.4.2 Instalaciones recreativas		Comprende las áreas verdes localizadas en las zonas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación donde los diferentes usos no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas áreas verdes son el resultado de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad.	

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios			Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser sólo de unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores de cielo abierto.	Pe: Será necesario mapear caña a nivel 3 para luego estandarizar las estadísticas nacionales y regionales
	2.2 Cultivos permanentes			Comprende los territorios dedicados a los cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos industriales de caña, los cultivos de herbáceas como plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como pluma africana y árboles frutales.	
	2.3 Pastos			Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por las familias Poaceae y Fabaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de 2 o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente y en el manejo posterior que se hace.	

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas			Son unidades que se reúnen dos o más clases cobertura agrícolas y naturales. Están, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricas que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tendencia de la tierra. 70% intervenido en la UMN. Si el % es menor, la cobertura continua define a la matriz.	Pe: se trabajará evaluar si es posible subdividir el 2.4 en 2.4 y 2.5
	3.1 Bosque	3.1.1 Bosque denso bajo 3.1.2 Bosque abierto bajo 3.1.3 Bosque denso alto 3.1.4 Bosque abierto alto 3.1.5 Bosque fragmenado		Altura mayor a 5m. Cobertura mayor a 10%. Umbral entre denso y abierto: 70% de cobertura . Los bosques riparios y otros ecológicamente discernibles entrarían como nivel 4. Se consideran excepciones importantes definidas por restricciones bioclimáticas y biogeográficas (particularmente en Perú y Bolivia), como los bosques de Polylepis o Prosopis.	
	3.2 Bosques Plantados			Son coberturas cosntituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).	

Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	3.1.1.1 Herbazal denso 3.1.1.2 Herbazal abierto	Cobertura contituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa(>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos. tanto subterráneos como epigeneos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o sus intervenciones han sido selectivas y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999)	
		3.3.2 Arbustal	3.1.1.1 Arbustal denso 3.1.1.2 Arbustal abierto	Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2, fuertemente ramificado en la base y sin copa definida (FAO, 2001).	
		3.3.3 Vegetación secundaria o transición		Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que spuede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abmdonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.	La categoría 3.3 se representa a nivel 3.

Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbáceas	3.1.4.1 Vegetación arbustiva / herbácea densa 3.1.1.2 Vegetación arbustiva / herbácea abierta	Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.	
		3.3.5 Arbustal / área intervenida 3.3.6 Herbazal / área intervenida 3.3.7 Arbustal - Herbazal / área intervenida			
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1 Áreas arenosas naturales 3.4.2 Afloramientos rocosos 3.4.3 Tierras desnudas (incluyen áreas erosionadas naturales y también degradadas) 3.4.4 Áreas quemadas 3.4.5 Glaciares 3.4.6 Solares		Comprende aquellos territorios en los cuales vegetal no existe o escasea, compuestas principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.	
4. Áreas	4.1 Áreas húmedas continentales	4.4.1 Áreas pantanosas 4.1.2 Tuberías y bofedales 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua			

Anexo 2. INFORME DEL PRIMER TALLER DE CAPACITACIÓN

“Curso de Capacitación en Protocolos para la Interpretación Visual de Imágenes Satelitales con Base en la Metodología Corine”

Universidad Nacional Agraria La Molina, 5 al 9 de setiembre

1. Antecedentes

El Curso se desarrolla en el marco de la implementación de las actividades nacionales de la Fase I del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” que viene siendo implementado a nivel nacional por el Ministerio del Ambiente de Perú con el apoyo de la Universidad Nacional Agraria La Molina y coordinado a nivel subregional por la Secretaría General de la Comunidad Andina con el apoyo técnico de CONDESAN.

El Proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID) en el marco del Programa Regional Andino AECID-CAN.

2. Organización

El Curso es organizado por el Ministerio del Ambiente y la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3. Objetivo

El objetivo del Curso es fortalecer las capacidades nacionales en los procesos de interpretación visual siguiendo la metodología CORINE Land Cover.

Nombre	Cargo	Institucion
Carlos Alberto Arnillas	Coordinador del Proyecto	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Víctor Barrena	Comité técnico Jefe del LTA	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Ethel Rubín de Celis	Comité técnico Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Hatzel Ortiz	Comité técnico Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Paolo Espino	Asistente de Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Denisse López	Asistente de Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Carlos Llerena	Asistente de Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Rocío Vásquez	Asistente de Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Fabian Drenkhan	Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Witman García	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú
Germán Marchand	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú
Carlos Garnica	Invitado al taller	Ministerio del Ambiente del Perú
Alex Zambrano R.	Invitado al taller	Ministerio del Ambiente del Perú
Gilner Jose Maco Lujan	Invitado al taller	Ministerio del Ambiente del Perú
Fernando Regal	Comité Técnico Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molinat
Lloani Quiñonez	Invitada al taller	Secretaría General-Comunidad Andina

4. Ponente

Este curso estuvo a cargo de Henry Castellanos, técnico especialista en la Metodología CORINE LC del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) de Colombia.

5. Actividades desarrolladas

Los temas desarrollados durante el curso de capacitación fueron los siguientes:

I. Resumen del proceso en Colombia

II. Producción CORINE land cover

- Metodología producción:
 - 1) Capacitación manejo de software.
 - 2) Estructuración, nomenclatura y versionamientos de la base de datos.
 - 3) Campos de la tabla de atributos e índices de prioridades.
 - 4) Manejo de herramientas básicas de edición.
 - 5) Metodología actualización (reinterpretación)
- Metodología Interpretación:
 - 1) Conocimiento a profundidad de la leyenda definitiva
 - 2) Personal calificado (experiencia y tiempos de entrenamiento para los equipos capacitados)

- 3) Reglas de generalización
- 4) Características pictoricomorfológicas
- 5) Elaboración de patrones para la interpretación de coberturas
- 6) Elaboración de fichas de patrones
- 7) Salidas de campo
- 8) Información secundaria

III. Protocolos de control de calidad

- 1) Esquema proceso metodológico
- 2) Control imágenes satelitales
- 3) Control calidad temático
- 4) Control topológico
- 5) Verificación de campo
- 6) Control de calidad a empalmes
- 7) Control de calidad mosaico final

IV. Gestión de información

V. Sesión practica

6. Participantes del curso

Como resultado del curso, fueron capacitados 10 técnicos y el coordinador del Proyecto, asimismo participaron en el Taller en calidad de invitados 5 representantes de las instituciones relacionadas.

Anexo 3. INFORME DEL SEGUNDO TALLER DE CAPACITACIÓN

“Curso de Capacitación en Protocolos Semiautomáticos para la Interpretación de Imágenes Satelitales”

UNALM, del 12 al 16 de setiembre

1. Antecedentes

El Curso se desarrolla en el marco de la implementación de las actividades nacionales de la Fase I del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” que viene siendo implementado a nivel nacional por el Ministerio del Ambiente de Perú con el apoyo de la Universidad Nacional Agraria La Molina y coordinado a nivel subregional por la Secretaría General de la Comunidad Andina con el apoyo técnico de CONDESAN.

El Proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID) en el marco del Programa Regional Andino AECIDCAN.

2. Organización

El Curso es organizado por el Ministerio del Ambiente y la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3. Objetivo

El objetivo del Curso es fortalecer las capacidades nacionales en los procesos de interpretación semi-automatizada de imágenes (segmentación y asignación de clases) y de validación de campo.

4. Ponentes

El curso fue dictado por Gladys J. Alvear y Alicia Gómez, especialistas del Proyecto “Mapa de Deforestación Histórica del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Actividades desarrolladas

Los temas desarrollados durante el curso de capacitación fueron los siguientes:

I. Día 1

- Presentación general de la metodología del proyecto Mapa de Deforestación Histórico.
- Resumen de los protocolos previos al proceso de clasificación.

- Ejercicio práctico de generación de máscaras.
- Introducción a los procesos de clasificación.

II. Día 2

- Protocolo 8: Segmentación.
- Ejercicio práctico del proceso de segmentación en ENVI, hasta rasterización de segmentos en ArcGIS.
- Teoría del método híbrido.
- Ejercicio práctico del método híbrido de clasificación (Imagen Ecuador - Perú).

III. Día 3

- Ejercicio del método híbrido de clasificación (Imagen Ecuador - Perú).
- Teoría ISODATA.
- Práctica del ISODATA (Imagen Ecuador - Perú).
- Práctica del ISODATA Zona 2 (Imagen Ecuador - Perú).
- Explicación procesos de edición.

- Práctica de procesos de edición hasta llenar class num.

IV. Día 4

- Teoría edición visual / calibración con puntos de campo.
- Ejercicios prácticos de edición visual.
- Teoría y práctica del proceso de validación.

V. Día 5

- Validación: Teoría de matrices de confusión.
- Ejercicios de creación de matrices de confusión.
- Conclusiones del curso.

5. Participantes del curso

Como resultado del curso, fueron capacitados 10 técnicos y el coordinador del Proyecto, asimismo participaron en el Taller en calidad de invitados 5 representantes de las instituciones relacionadas.

Nombre	Cargo	Institucion
Carlos Alberto Arnillas	Coordinador del Proyecto	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Víctor Barrena	Comité técnico Jefe del LTA	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Ethel Rubín de Celis	Comité técnico Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Hatzel Ortiz	Comité técnico Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Paolo Espino	Asistente de Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Denisse López	Asistente de Intérprete	Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG/FCF – Universidad Nacional Agraria La Molina
Carlos Llerena	Asistente de Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Rocío Vásquez	Asistente de Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Fabian Drenkhan	Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Lloani Quiñones	Invitada Secretaria	General de la Comunidad Andina
Witman García	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú
Germán Marchand	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú

Anexo 4. INFORME DEL TALLER BINACIONAL (PERÚ - BOLIVIA)

“Análisis de las dinámicas de Cambio de cobertura de la Tierra en la Comunidad andina”, para Bolivia y Perú

Informe del Taller Binacional - Puno, 10 y 11 de octubre de 2011

Organizan:



Con el apoyo de:



Taller Binacional Perú-Bolivia para el intercambio de experiencias en el marco
de los proyectos de “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura
de la Tierra en la Comunidad Andina” en Bolivia y en Perú

Informe

En la ciudad de Puno, Perú se llevó a cabo el taller Binacional Perú-Bolivia del **Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra”**, del 10 al 11 de octubre de 2011. Esta reunión fue organizada por la Coordinación General del proyecto en Bolivia y la Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas (DGBAP) del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, y conjuntamente con la Coordinación General del proyecto en Perú y la Dirección General de Ordenamiento Territorial del Ministerio del Ambiente del Perú. Asimismo se contó con el apoyo de la Secretaría General de la Comunidad Andina.

Asistieron a este taller el personal técnico de las instituciones que vienen participando en la implementación del proyecto por parte de Perú y Bolivia, además de contar con el apoyo de un asesor del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y de la Secretaría General de la CAN (SGCAN). El evento se realizó con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en el marco del Programa Regional Andino. La lista de asistentes se adjunta en el Anexo I del presente Informe.

1. Antecedentes

En mayo y junio de 2011 se realizaron la Primera y Segunda reunión del Comité Técnico Regional del proyecto en Lima y Bogotá respectivamente. En la primera reunión realizada en Lima se definieron las áreas de trabajo piloto para la implementación de la fase I, se revisó la estructura de catálogo de coberturas elaborada por CONDESAN, se ajustó y actualizó el plan de trabajo de la Fase I hasta el primer trimestre de 2012, incluyendo el desarrollo de actividades binacionales para el mapeo de coberturas en las áreas de frontera.

La segunda reunión del Comité fue realizada en Bogotá, donde se acordó la leyenda subregional de coberturas (niveles I y II) con base en la metodología Corine Land Cover, se revisaron y definieron los acuerdos mínimos metodológicos para evaluar exactitud temática y para el control de calidad de los mapas temáticos, se acordó la estructura de la ficha del catálogo de coberturas y los acuerdos mínimos para el protocolo de campo. Asimismo

en el marco de esta reunión se acordó conjuntamente con Perú el área binacional a ser mapeada y se elaboró un plan de trabajo para elaborar el mapa de coberturas en la zona de frontera.

En función a los acuerdos realizados, las instituciones de Perú y Bolivia involucradas en el proyecto, fueron ejecutando las actividades nacionales para el mapeo de coberturas y uso en cada país. En este contexto el equipo técnico del proyecto de ambos países, desarrolló el Taller Binacional Perú-Bolivia para el intercambio de experiencias. Este taller tuvo como objetivo propiciar un espacio de diálogo y discusión sobre las metodologías, protocolos y criterios técnicos que vienen desarrollando los equipos técnicos de Perú y Bolivia en el marco del Proyecto de referencia. Se espera que ambos países puedan intercambiar experiencias sobre la aplicación de los distintos protocolos que están siendo desarrollados dentro del Proyecto.

2. Desarrollo de la reunión

La reunión se desarrolló de acuerdo con los puntos previstos de la Agenda adjunta

Presentación del protocolo de ortorrectificación de ambos países

■ Protocolo de ortorrectificación de Bolivia

El protocolo de ortorrectificación fue presentado por el equipo técnico de Bolivia, el cual propone el

empleo del método genérico de ortorrectificación empleado en ERDAS ubicando los puntos de control de a pares en los bordes de la imagen y puntos homogéneamente distribuidos en el centro de la imagen, se está analizando la posibilidad de añadir al proceso el modulo de AutoSync de ERDAS a éste proceso. En base a esta discusión se generaron algunos acuerdos los mismos que se detallan en la siguiente sección.

■ Protocolo de ortorrectificación de Perú

El protocolo de ortorrectificación desarrollado en Perú propone el empleo de una cantidad de puntos de control distribuidos de forma regular empleando una grilla cuadrada (20x20 Km). Empleando la grilla, se busca homogenizar la cantidad de puntos que se distribuyen en la imagen. Así mismo, la cantidad de puntos en cada cuadrado de la grilla se determina en función de la topografía dentro de cada cuadrado de la cuadrícula (áreas muy rugosas: 2 GCP por cuadrícula, uno en parte alta, y otro en parte baja; en áreas rugosas: 1 GCP por cada cuadrícula; y en áreas planas: 1 GCP por cada dos cuadrículas). Una vez ortorrectificado, se puede emplear el AutoSync para hacer un ajuste final. Concluido el proceso, se aplica un protocolo para evaluar la calidad de la ortorrectificación.

Discusión sobre los diferentes criterios a usar por ambos países para la ortorrectificación

Se expuso en esta sesión las diferentes dificultades que se tiene en conseguir el modelo digital de elevaciones a utilizar. Según los acuerdos regionales se dispuso utilizar el modelo digital de elevación SRTM de 30 m., pero éste no se encuentra disponible para el proyecto en ambos países hasta el momento. Se realizó la evaluación de otros modelos digitales y éstos pierden resolución en las zonas montañosas. En este sentido se presentaron algunas alternativas y se sugirieron soluciones para obtener un modelo digital de elevaciones, las mismas que se presentan en los acuerdos del Taller.

También se expuso sobre la información de referencia que utiliza cada institución en las distintas fases del proceso de clasificación de imágenes, los insumos necesarios y los detalles técnicos del procedimiento a seguir. Se estableció el seguimiento de los problemas y logros obtenidos de estos procesos a través de fichas de control. Los acuerdos establecidos en esta discusión son presentados en la siguiente sección.

Presentación sobre las experiencias alcanzadas en la aplicación de los protocolos de pre-tratamiento y clasificación de imágenes satelitales

Presentación del equipo técnico de Bolivia sobre las experiencias alcanzadas en la aplicación del protocolo

de clasificación de imágenes propuesto por Bolivia y el protocolo de Ecuador.

Presentación por el equipo técnico de Perú de los avances alcanzados en los talleres con Colombia y Ecuador sobre la clasificación de imágenes.

■ Protocolo de pre-procesamiento y clasificación de imágenes por parte de Bolivia

Los avances del protocolo de pre-tratamiento y clasificación de imágenes fue presentado por Gabriela Villanueva (IE) y Wanderley Ferreira (RUMBOL), quienes están a cargo de la del mapeo de las áreas piloto (presentación adjunta). De igual forma se expusieron comentarios y experiencias en la aplicación de la metodología de segmentación para imágenes satelitales y se llegaron a acuerdos para la aplicación de los mismos.

Dentro del protocolo de pre-tratamiento se probó la corrección atmosférica aplicando los coeficientes de calibración (Gain y Bias/Offset) incluidos en el archivo metadata de la imagen, asimismo se estimó los valores de reflectividad a partir de la imagen de radianza mediante el módulo FLAASH de ENVI.

Se expuso que los parámetros para el análisis mediante el módulo FLAASH, presenta demasiadas opciones lo que incluye cierto grado de subjetividad, y falta experimentar con diferentes parámetros para tener un protocolo definido. Se observó también que existe un elevado error en áreas con gran variación altitudinal, p.e. cordillera de Apolobamba.

Uno de los procedimientos utilizados para la clasificación de imágenes fue el de segmentación, este se realizó empleando el modulo "Features Extraction" con los siguientes procedimientos:

- Se determinó el umbral más adecuado para la identificación de objetos.
- El límite máximo de agrupamiento de objetos se dejó por defecto.
- Se eligió la opción "No Thresholding" (default).
- Se utilizó la opción "Classify by selecting examples".

El proceso de segmentación utilizando el protocolo establecido para Bolivia tiene el inconveniente de

que requiere de mucho tiempo de procesamiento y de equipos de computación con elevada capacidad. Una de las soluciones empleadas fue el de subdividir la escena, con el consiguiente problema de que las subdivisiones deberán ser unidas posteriormente a la clasificación.

Adicionalmente, se han probado realizar clasificaciones de las imágenes utilizando el protocolo híbrido de clasificación segmentada desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente del Ecuador, y clasificaciones no supervisada. Se pretende evaluar los tres métodos de clasificación cuando se realice el proceso de validación de las clasificaciones.

Para la clasificación híbrida, a partir de los segmentos se realizó el siguiente procedimiento:

- Creación de un raster multibandas.
- Clasificación con el método ISODATA en ENVI.
- Cálculo de las estadísticas zonales del archivo segmentado y unidas al resultado de la clasificación ISODATA.

■ Protocolo de pre- procesamiento y clasificación de imágenes por parte de Perú

El Perú presentó sus avances en lo referente a la discusión que viene trabajando para el pre-procesamiento y la clasificación de las imágenes. Para ello, se presentaron algunos criterios generales empleados que se esperan emplear para evaluar la calidad de los métodos empleados, y que, finalmente, sirven de base para documentar el proceso. Estos criterios incluyen: tiempo de entrenamiento, tiempo de persona, tiempo de máquina, replicabilidad, calidad (temática, bordes, topológica), trazabilidad de la información, capacidad de conversar con la leyenda, y forma de hacer la reinterpretación. Estos criterios se aplican también para el desarrollo del protocolo de ortorrectificación.

El criterio general, es que para cada paso del proceso se almacenaría en una base de datos la información que permita evaluar posteriormente la calidad del proceso seguido y compararlo.

En el proceso de clasificación en sí, se presentaron las metodologías que se vienen trabajando en la escena 2-70. En esta imagen se viene probando la segmentación (siguiendo el protocolo de Ecuador y probando con la

implementación de un protocolo de control de calidad de la misma), la aplicación de corrección atmosférica, la generación de áreas de entrenamiento (en imágenes con y sin corrección atmosférica), el empleo de información derivada de la imagen (composición fraccional, NDVI, etc.), el empleo de información complementaria (como altura, pendiente y curvatura derivada del DEM) y distintos mecanismos de clasificación (método híbrido, interpretación visual, See5/C5, RandomForest). Al momento de realización del taller, estos ejercicios se encontraban en proceso de ejecución.

Plenaria sobre los criterios técnicos a utilizarse en el pretratamiento la clasificación de imágenes satelitales

Se comentó sobre los distintos problemas que se tiene en el pre-proceso y clasificación de las imágenes, como ser la mucha variación que se tiene en los parámetros del Modelo Flash, al realizar el Feature Extraction en ENVI, y en el mismo proceso de generación de segmentos. Otro problema en la segmentación, es que la segmentación no discrimina y agrupa áreas heterogéneas, como por ejemplo las sombras con la laguna en las zonas de la cordillera. Se propuso por parte de Bolivia que se debería poder editar manualmente los segmentos generados automáticamente. Perú propuso estudiar alguna metodología para remover el bandeamiento de las imágenes, ya que esta imagen presenta este problema.

Se discutió sobre que procesos se deben incorporar en el pre-procesamiento: reflectancia, bandeamiento, etc. analizando la viabilidad de los mismos según el propósito del proyecto, y el plazo y presupuesto establecido para el mismo. Se propuso realizar la segmentación por subregiones para poder obtener mejores resultados, donde éstas podrían ser delimitadas previamente o a partir de la segmentación.

En esta discusión se llegó a importantes acuerdos y tareas para ambos equipos, los mismos que compartirán sus resultados y análisis para que éstos puedan ser considerados en las metodologías nacionales. Bolivia hará la prueba de clasificación con los tres métodos expuestos en el punto 2.3 y los comparará en función del tiempo de procesamiento y los resultados obtenidos para definir el método a ser utilizado.

Presentación de la propuesta de modelo de muestreo de campo y del protocolo para el levantamiento de información de campo

Protocolo de muestreo y levantamiento de información de campo por parte de Bolivia

El equipo técnico de Bolivia presentó un avance sobre la propuesta de protocolo de trabajo de campo y de validación por parte del Museo Historia Natural Noel Kempff y de RUMBOL S.R.L., además de su experiencia de levantamiento de datos de campo en Santa Cruz. Por otra parte RUMBOL SRL a través de Wanderley Ferreira presentó la metodología que utilizan para las salidas de campo además de un método estadístico para poder validar esta información. Posteriormente Gabriela Villanueva también expuso algunos de los criterios para el trabajo de campo que se utilizan en el Instituto de Ecología.

Protocolo de muestreo y levantamiento de información de campo por parte de Bolivia

El protocolo de levantamiento de información en campo para Bolivia, tiene como finalidad principal levantar información sobre la cobertura y uso de la tierra y de documentar el proceso de levantamiento de información de campo, pero también visa la formación de técnicos con conocimiento de campo. (Presentación adjunta)

El protocolo parte del supuesto de que debe cubrir todas las clases de cobertura de la leyenda y al mismo tiempo permitir incluir clases que hayan sido omitidas.

La distribución de las muestras para el protocolo responde a un diseño que busca maximizar la cobertura temática y minimizar los costos, elaborado en base a un modelo espacial en la plataforma ArcGIS (presentación adjunta), que utiliza como insumos la clasificación de cobertura previa, la base de caminos y la base de información de imágenes de alta resolución. De esta manera se distribuyen los puntos a lo largo de los caminos, con un promedio de 20 a 30 puntos para cada clase de cobertura.

El procedimiento para el trabajo de campo está estructurado en tres fases:

- Fase de preparación
- Fase de campo
- Fase de procesamiento

En la fase de preparación es donde se elabora todo el material cartográfico apoyo y se hace correr el modelo de distribución de puntos, los cuales son cargados al GPS.

En la fase de campo es donde se levanta la información de los puntos completos y complementarios como puede observarse en los siguientes cuadros:

Información para puntos complementarios:

Información	Tipo
No de punto (ID)	num
Localidad	texto
Fecha	num
Altitud	num
Latitud (grados decimales)	num
Longitud (grados decimales)	num
ID Clase de cobertura	texto

Información para puntos completos:

Información	Tipo
No de punto (ID)	num
Localidad	texto
Fecha	num
Altitud	num
EPE	num
Pendiente	num
Exposición	texto
Sustrato	texto
Latitud (grados decimales)	num
Longitud (grados decimales)	num
ID Fotos: GPS-NSEO-dosel	num
ID Clase de cobertura	texto
% de cobertura	num
Spp dominantes	texto
ID Ecosistema	texto
Usos Observables	texto
Observaciones	texto

Presentación de avances nacionales para el levantamiento de información de campo

Perú presentó algunos avances nacionales que se vienen discutiendo. Entre ellos, están los avances del MINAM en su trabajo de validación del mapa de deforestación que se viene generando en el marco de los proyectos REDD.

Así mismo, se presentaron estrategias basadas en las experiencias de la UNALM para recoger información de campo. Estas ideas, constituyen la base de la discusión que se llevará a cabo a nivel Perú para establecer su propuesta nacional.

Plenaria y discusión de la propuesta de modelo de muestreo de campo y del protocolo para el levantamiento de información de campo

Finalmente se realizó una plenaria para discutir la metodología más apropiada para realizar el muestreo y el levantamiento de información de campo dentro del proyecto. Con base en las presentaciones y a la plenaria se llegaron a acuerdos mínimos para la implementación de protocolos de trabajo de campo y se designó una comisión específica para hacer una aplicación del protocolo de trabajo de campo.

El informe del trabajo de campo realizado después al taller por esta comisión específica se adjunta en el Anexo 2.

3. Discusiones y acuerdos del Taller

Comentarios, discusión y acuerdos de las propuestas de Ortorrectificación

Comparación del efecto de los tres DEM (SRTM 90, SRTM 30 y DEM AS TER 30).

Sobre los modelos digitales de elevación: SRTM de 90m, SRTM de 30m y el DEM Aster 30m, se comparará el efecto de éstos en el proceso de ortorrectificación empleando los puntos ya generados.

Se intercambiarán entre ambos países los puntos de control generados en esos procesos según el siguiente detalle:

- Perú enviará los puntos de ortorrectificación de la escena 002/070 con el SRTM de 90 m, generados manualmente y los producidos por la aplicación del AutoSync.
- Bolivia enviará puntos generados con el DEM Aster de 30m.

Perú enviará a Bolivia el Protocolo de Control de Calidad de la ortorrectificación.

Se evaluará el efecto de la aplicación del AutoSync en la escena 002/070 usando el protocolo de validación de la ortorrectificación.

Manuel Peralvo tratará de conseguir el SRTM 30m de la escena 2-70, y en esa escena se volverá a correr la

ortorrectificación con los mismos puntos de control pero modificando la información del eje Z.

■ Criterios de distribución de puntos:

Sobre el criterio de distribución de los puntos a ser medidos en el proceso de ortorrectificación se tiene dos criterios de ambos países. Se evaluará la aplicación de éstos criterios en cada país y se compartirán las experiencias y resultados obtenidos.

Estos criterios son:

- Bolivia propone el emplazamiento de los puntos de control en los bordes y una nube de puntos distribuidos homogéneamente en el centro. Mientras que Perú propone la colocación de los puntos uniformemente distribuidos en base a una grilla de 20 Km. sobre el área de estudio.
- Se planea comparar la distribución de los puntos de control en las imágenes (escena 002/070) trabajadas por ambos países.
- Bolivia documentará los criterios de distribución de los puntos para generar la nube homogénea. (p.e. incorporar puntos que lleguen a los límites de la pendiente).

- Perú incorporará como criterios en su Protocolo de Ortorrectificación:
 - La distribución de puntos en la periferia de su grilla como primer paso antes de colocar los puntos en el área interna.
- Bolivia y Perú incorporarán en sus protocolos de ortorrectificación:
 - En áreas con nubes en la imagen de referencia y/o áreas con puntos independientes con error muy alto, se emplearía información de otras capas ortorrectificadas sujetos a un orden de prioridad, p.e. Geocover de otro año o carta nacional.
 - En caso de que exista un grupo de puntos con problemas sistemáticos de ortorrectificación con un RMS muy alto aun empleando fuentes complementarias, se densificaría la cantidad de puntos en esa zona. De persistir el problema se mantendrían los puntos y se incorporaría un comentario al respecto.

Comentarios, discusión y acuerdos de las propuestas de Clasificación e Interpretación

Pre-procesamiento de imágenes

■ Valores de reflectancia

Perú evaluará la posibilidad de incorporar LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) para pasar la imagen a radiancia absoluta. Para evaluar el empleo de índices de radiancia absolutos (uniformizados para todas las imágenes) y relativos (fijados por imágenes).

Manuel Peralvo, enviará documentos de referencia para evaluar el uso del LEDAPS, sugirió un documento en particular de la ejecución del LEDAPS en Ecuador. Bolivia analizará el uso de índices como FLAASH en la imagen.

Se acordó (2) dos semanas para evaluar la aplicación de ambos modelos, y posteriormente una puesta en valor de los mismos, adjuntando una justificación breve de los requerimientos para ambos modelos.

Criterio de valoración:

- Tiempos de ejecución.
- Capacidad de usar información realista al momento de incorporar los parámetros del modelo.

■ Imágenes con Bandeamiento

Revisar la sección Corrección de Bandeo del Anexo 4. Protocolo de manejo de datos de Ecuador.

Manuel Peralvo enviará el Protocolo de Corrección de Bandeo realizado por Ecuador, se comentó que el procedimiento realizado por Ecuador tuvo resultados satisfactorios.

Evaluar la posibilidad de recuperar las bandas ópticas (principalmente 1 ó 2) empleando la transformación de Fourier o en caso contrario descartarlas.

■ Neblinas

Manuel Peralvo enviará extensiones de IDL para ENVI y artículos de consulta para reducir los efectos de la neblina.

Se comentó que los avances efectuados por Ecuador hasta ahora son positivos, pero aún hace falta realizar más pruebas.

■ Subdividir la imagen en subregiones

Se discutió dos posibilidades de procesamiento: trabajar con subregiones predibujadas sobre el mosaico de todas las escenas o dibujar las subregiones escena por escena. Las subregiones tratan de separar en la imagen zonas que son afines, por ejemplo: región andina o sierra, vertiente oriental, occidental, oriente, costa, etc.

Se acordó trabajar con un borde pre-establecido, además el intérprete, de considerarlo necesario, podrá ajustar el borde pre-establecido cuando el borde no está correctamente definido. El ajuste del borde debe documentarse y actualizar el límite de la capa pre-establecida.

Se acordó un plazo de (2) dos semanas, para establecer y compartir el borde revisado para la escena 2-70 por ambos países.

■ Segmentación y control de calidad de la misma

Perú se comprometió a enviar a Bolivia los formatos de las Fichas de Segmentación para poder intercambiar los datos de manera más uniforme.

Se documentarán los parámetros de los procesos de segmentación ejecutados y su respectiva evaluación.

Se deberán incorporar todas las pruebas que se hicieron en las fichas, incluyendo las que no funcionaron, es decir, no pasaron la revisión visual o no pasaron el control de calidad.

■ Revisión visual

La revisión visual debe concentrarse en bordes críticos, además de otras áreas.

■ Control de calidad

Se propone densificar la distribución de los puntos en las zonas de mayor cantidad de bordes, empleando una grilla similar a la de ortorrectificación, cuantificando el tiempo que emplea este procedimiento para evaluar la aplicación del mismo.

Se evaluará la representatividad de las clases establecidas en la leyenda, sólo para aquellas segmentaciones que pasaron la revisión visual, empleando un radio de (1) un Km alrededor de los puntos aleatorios generados o en función de una grilla regular, rechazando los errores de omisión.

Manuel Peralvo enviará el Protocolo de Validación de la Calidad temática empleada por la FAO.

■ Clasificación

Se estableció un plazo de (1) un mes para realización de pruebas de clasificación y evaluación y análisis por parte de ambos países.

Posterior a la clasificación, ambos países plantean la posibilidad de ajustar de forma visual los segmentos.

Intercambio de información

Se debe trabajar en implementar mecanismos para intercambiar información de los avances, resultados y documentación de las pruebas metodológicas:

- Perú enviará las fichas para documentar procesos.
- Perú evaluará la posibilidad generar las fichas en una base de datos on-line en las próximas dos semanas.
- Se generará un drop-box o similar para compartir las fichas en formato Word si es que no es posible generar la base de datos on-line.

Además, para la escena 002/070, se generará un acceso al FTP para que ambos países puedan subir los avances y resultados obtenidos.

Levantamiento de información de campo

Levantamiento de información de campo en Bolivia

■ Fase de preparación:

Preparación de material cartográfico de apoyo, como ser, los mapas topográficos de la zona, la imagen base, y la clasificación previa.

Se aplica el modulo para la distribución de puntos de campo. Los insumos son: la clasificación de cobertura previa, la base de caminos y la base de información de imágenes de alta resolución (p.e. GoogleEarth).

Los puntos se ubican en un radio de dos kilómetros a lo largo de los caminos o en las áreas con imágenes de alta resolución, con un mínimo de 20 puntos por clase de cobertura.

■ Fase de campo:

Levantamiento de información de puntos completos y complementarios.

Coordenadas geográficas decimales, Dato horizontal WGS84.

■ Protocolo de levantamiento de datos de campo en Perú

En Perú se vienen trabajando varias ideas para optimizar el trabajo de campo. En este punto, no hay acuerdos alcanzados a la fecha, por lo que se presentaron los avances parciales del MINAM, del LTA y del CDC-UNALM.

Conclusiones para el trabajo de campo

Se identificaron cuatro tipos de mecanismos para levantar información de campo que se evaluarían en los futuros trabajos de campo:

- Puntos fijos o predefinidos: Identificados principalmente para calibración de la interpretación de las escenas.
- Puntos de interés: Son puntos complementarios o de especial interés que se toman sobre la marcha del recorrido.
- Transectos de puntos: puntos de calibración de bordes. La idea es tomar una serie de puntos predefiniendo transectos que recorran dichos bordes.

Anexo 4.1 LISTA DE PARTICIPANTES DEL TALLER

	Persona	Institución	Correo Electrónico
1	Ivar Ledezma C.	MMAyA - VMA - CAN	ivar.ledezma@gmail.com
2	Leonardo Uruchi	MMAyA - VMA - CAN	geodesta.gis.lzo@gmail.com
3	Gabriela Villanueva	IE	gabvia@gmail.com
4	Serena Ach	I E	serena.acha@gmail.com
5	Hatzel Ortiz	LTA/FCF - UNALM	hortizbonett@hotmail.com
6	Rocio Vásquez	CDC-UNALM	rocio.vasquez.jara@gmail.com
7	Paolo Espino	LTA/FCF - UNALM	pespinosh@yahoo.com
8	Carlos Alberto Arnillas	CDC-UNALM	caam@lamolina.ed.pe
9	Wanderley Ferreira	RUMBOL	wferreira@rumbol.com
10	Lloani Quiñonez	SGCAN	lquinonez@comunidadandina.org
11	Manuel Peralvo	CONDESAN	manuel.peralvo@condesan.org

Anexo 4. 2 AGENDA DEL TALLER

Taller Binacional Perú-Bolivia para el intercambio de experiencias en el marco de los proyectos de “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” en Bolivia y en Perú

Puno, 10 y 11 de octubre de 2011

Organizan:



Con el apoyo de:



- Puntos sistemáticos: puntos que se registran siguiendo un patrón sistemático en función de la distancia o del tiempo recorrido. Pueden servir para control de calidad o para calibración.

1. Organización

El presente Taller Binacional Perú-Bolivia para el intercambio de experiencias en el marco del proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” es organizada por la Coordinación General del proyecto en Bolivia y la Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas (DGBAP) del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, con el apoyo de la Secretaria General de la CAN (SGCAN), el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en el marco del Programa Regional Andino AECID-CAN.

2. Objetivo

Propiciar un espacio de diálogo y discusión sobre las metodologías, protocolos y criterios técnicos que vienen desarrollando los equipos técnicos de Perú y Bolivia en el marco del Proyecto de referencia. Se espera que ambos países puedan intercambiar experiencias sobre la aplicación de los distintos protocolos que están siendo desarrollados dentro del Proyecto.

3. Participantes

Participarán en el taller el personal técnico de las instituciones que vienen participando en la implementación del proyecto por parte de Perú y Bolivia, además de contar con el apoyo de un asesor del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y de la Secretaria General de la CAN (SGCAN).

- **Bolivia:**
 - Ivar Ledezma, Viceministerio de Medio Ambiente – DGBAP

- Leonardo Uruchi, Viceministerio de Medio Ambiente – DGBAP
- Gabriela Villanueva, Instituto de Ecología – IE-UMSA
- Serena Acha Macías, Instituto de Ecología – IE-UMSA
- Wanderley Ferreira, Coordinación Técnica – RUMBOL SRL.

- **Perú**

- Paolo Espino LTA/FCF - Universidad Nacional Agraria La Molina
- Hatzel Ortiz, LTA/FCF - Universidad Nacional Agraria La Molina
- Rocío Vásquez, CDC- Universidad Nacional Agraria La Molina
- Carlos Alberto Arnillas, Universidad Nacional Agraria La Molina

- **Coordinación subregional**

- Manuel Peralvo, CONDESAN
- Lloani Quiñonez, SGCAN

4. Productos Esperados

1. Acuerdos sobre una metodología para el muestreo de puntos de campo.

Criterios para generar los puntos de campo según las capacidades de cada país.
2. Acuerdo sobre un posible protocolo de levantamiento de información de campo, donde se defina el tipo de información a ser adquirida, estructura de bases de datos, etc.
3. Acuerdos técnicos del proceso de ortorrectificación: Número de puntos, distribución de puntos, metodología, etc.
4. Plenaria de ambos equipos técnicos sobre el avance y las experiencias logradas en el proceso de clasificación, según protocolos propios o la aplicación de los protocolos de Colombia/Ecuador.

Agenda (10 y 11 de octubre)

Día 1: lunes, 10 de octubre

Hora	Tema / Actividad	Responsable	Tiempos
14h30	Bienvenida al taller.	SGCAN CONDESAN	15min.
14h45	Presentación del protocolo de ortorrectificación elaborado por el equipo técnico de Bolivia.	Ivar Ledezma	30 min.
14h45	Presentación del protocolo de ortorrectificación elaborado por el equipo técnico de Perú.	Carlos Alberto Arnillas	30 min.
15h45	Discusión sobre diferentes criterios usados en el protocolo de ortorrectificación de ambos países y temas para evaluar en campo. Comentarios, sugerencias y acuerdos.	Moderador:	1 hora
16:00	Descanso		15 min
16h15	Presentación por el equipo técnico de Perú de los avances alcanzados en los talleres con Colombia y Ecuador sobre la clasificación de imágenes.	Carlos Alberto	30min.
16h45	Discusión comentarios y consultas. Presentación del equipo técnico de Bolivia sobre las experiencias alcanzadas en la aplicación del protocolo de clasificación de imágenes propuesto por Bolivia y el protocolo de Ecuador.	Gabriela V. Wanderley F.	30min.
17h15	Discusión comentarios y consultas. Comentarios generales de ambas presentaciones.		30 min.

Día 2: martes, 11 de octubre

Hora	Tema / Actividad	Responsable	Tiempos
09h30	Plenaria de discusión sobre los criterios técnicos a utilizarse en la clasificación de imágenes satelitales por ambos países. <ul style="list-style-type: none"> • Pre-procesamiento • Clasificación en base a segmentación • Temas para evaluar en campo 	Moderador:	1h30 min.
11:00	Descanso		15 min
11:15	Presentación de una propuesta de modelo de muestreo de campo elaborado por Bolivia.	Ivar L. Wanderley F.	30 min
11:45	Comentarios de la propuesta de Perú y discusión y comentarios sobre la propuesta de modelo de muestreo de campo.	Moderador:	45 min
12h30	Pausa almuerzo 1h		30min.
14h00	Presentación del protocolo para el levantamiento de información de campo. Discusión y comentarios sobre la propuesta del protocolo para el levantamiento de información de campo.	Wanderley Ferreira	30 min.
14h30	Intercambio de ideas con los criterios utilizados por el equipo técnico de Perú. Acuerdos y conclusiones: Protocolos metodológicos de trabajo de campo. Avances en los protocolos de control de calidad y validación.	Moderador:	1hora.
15h30	Presentación de Perú.	Carlos Alberto	30min.
16h00	Acuerdos y conclusiones: protocolos de control de calidad y validación.	Moderador:	30 min.
16h30	Cierre del taller		

Anexo 5. INFORME DEL TALLER DE CAPACITACIÓN PARA EL MINAM

“Curso de Capacitación en see5/c5 para la Interpretación Supervisada de Imágenes Satelitales”

Puno, 10 y 11 de octubre de 2011

1. Antecedentes

El Curso se desarrolla en el marco de la implementación de las actividades nacionales de la Fase I del Proyecto “Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina” que viene siendo implementado a nivel nacional por el Ministerio del Ambiente de Perú con el apoyo de la Universidad Nacional Agraria La Molina y coordinado a nivel subregional por la Secretaría General de la Comunidad Andina con el apoyo técnico de CONDESAN.

El Proyecto cuenta con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID) en el marco del Programa Regional Andino AECIDCAN.

2. Organización

El Curso es organizado por el Ministerio del Ambiente y la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3. Objetivo

El objetivo del Curso es fortalecer las capacidades del Ministerio del Ambiente en los procesos de interpretación supervisada siguiendo la metodología SEE5/C5 desarrollada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, así como ampliar el conocimiento sobre esta herramienta de los técnicos de la Universidad.

Asimismo, el curso buscó generar un espacio para analizar aspectos fundamentales del proceso de interpretación, como son el desarrollo de un catálogo de coberturas o el procesamiento de la información de campo.

4. Programa

Hora Día 1	Tema	Responsable	Lugar
09:00 – 10:45	Presentación y discusión las fichas para el catálogo.	Carlos Alberto Arnillas	CDC
10:45 – 11:00	Descanso		
11:00 – 12:30	Clasificación de imágenes; metodología SEE5/C5.	Victor Barrena	LTA
12:30 – 13:30	Almuerzo		
13:30 – 16:30	Ejercicios de Clasificación de imágenes; metodología SEE5/C5.	Ethel Rubin de Celis, Hatzel Ortiz Bonett Monitores: Denisse López y Paolo Espino	LTA

Hora Día 2	Tema	Responsable	Lugar
09:00 – 10:30	Ejercicios de Clasificación de imágenes; metodología SEE5/C5.	Ethel Rubin de Celis, Hatzel Ortiz Bonett	LTA
10:30 – 11:00			
11:00 – 11:30	Descanso		
11:30 – 12:30	Ejercicios de Clasificación de imágenes; metodología SEE5/C5.	Monitores: Denisse López y Paolo Espino	
12:30 – 13:30	Almuerzo		
13:30 – 16:30	Presentación de avances en proceso de Documentación.	Carlos Alberto Arnillas	CDC
15:00 – 16:30	Discusión de Información de Campo (presentación de Ficha).		
16:30 – 17:00	Clausura del taller	Pedro Vasquez	

5. Actividades desarrolladas

Los temas desarrollados durante el curso de capacitación fueron los siguientes:

I. Presentación y discusión las fichas para el catálogo

II. Clasificación empleando SEE5/C5

- 1) Introducción.
- 2) Instalación del software.
- 3) Generación de áreas de entrenamiento.

- 4) Generación de árboles de decisión.
- 5) Generación de mapas en ERDAS
- 6) Revisión de las áreas de entrenamiento

III. Avances en documentación de los procesos y trabajo de campo

6. Participantes del curso

Como resultado del curso, fueron capacitados 2 técnicos del MINAM, así como 4 personas de la UNALM.

Nombre	Cargo	Institución
Carlos Alberto Arnillas	Coordinador del Proyecto	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Carlos Llerena	Asistente de Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Rocío Vásquez	Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina
Witman García	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú
Germán Marchand	Intérprete	Ministerio del Ambiente del Perú
Fernando Regal	Intérprete	Centro de Datos para la Conservación – Universidad Nacional Agraria La Molina

Anexo 6. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE PROCESOS IMPLEMENTADA

El diseño de los módulos para almacenar información sobre el procesamiento de información de imágenes satelitales para el monitoreo de la cobertura y el uso de la tierra cuenta con 36 tablas relacionadas que están distribuidas en siete módulos (Cobertura y Uso de la Tierra, Imágenes Satelitales, Formatos, Fuentes, Catalogo de Coberturas, Archivos Físicos y Descriptores). Este diseño es una ampliación del diseño de la base de datos de monitoreo de cobertura y uso de la tierra en la región Madre de Dios, desarrollada por el CDC-UNALM para Conservación Internacional.⁴

Este diseño busca almacenar la información cartográfica utilizada para el proyecto y los diferentes procesos aplicados de manera ordenada. Asimismo, permitirá recuperar la información de manera rápida y eficiente a través de una plataforma basada en web. El desarrollo de una herramienta basada en web

es particularmente importante en el contexto de un proyecto que podría tener que ejecutarse desde distintas oficinas o unidades de análisis.

El principal aporte de esta base de datos es el módulo de procesos. Este módulo está diseñado para que el intérprete documente qué protocolo le aplicó a cada escena, y varios datos referidos a las características del desempeño de la aplicación del protocolo. En principio se asume que cada “imagen procesada” tiene un insumo (otra imagen), ha sido trabajada por alguien, en una computadora con ciertas características y su aplicación requirió cierto tiempo. Todas las otras características del proceso son dependientes del protocolo específico aplicado. Este diseño genérico puede ampliarse fácilmente para incorporar nuevos protocolos, incluyendo protocolos de “división” o de “unión” de escenas en las que una escena se separa en dos, o en las que dos escenas se juntan.

4. CDC-UNALM. 2011. Desarrollo del sistema web para monitoreo del impacto de la deforestación en la zona IIRSA-Sur (Tramo 3) en el CCVA. 84pag.

MÓDULOS DE LA BASE DE DATOS:

Cobertura y Uso de la Tierra: Permite almacenar información de los mosaicos generados, las metodologías empleadas y las clases que se han trabajado la para la interpretación de las imágenes.

Imágenes Satelitales: Permite almacenar información de las imágenes satelitales que se trabajen para el proyecto. Debe también permitir almacenar la metadata de cada imagen (Proveedor de la imagen, Satélite, Sensor, Tipo de imagen y Organización Propietaria).

Formatos: Permite almacenar toda la información de las fichas llenadas por los intérpretes de los diferentes procesos que se han trabajado sobre las imágenes satelitales. Hasta la fecha se tienen formatos para: Layer Stacking, Ortorrectificación, Control de Calidad de la Ortorrectificación, Segmentación y Clasificación.

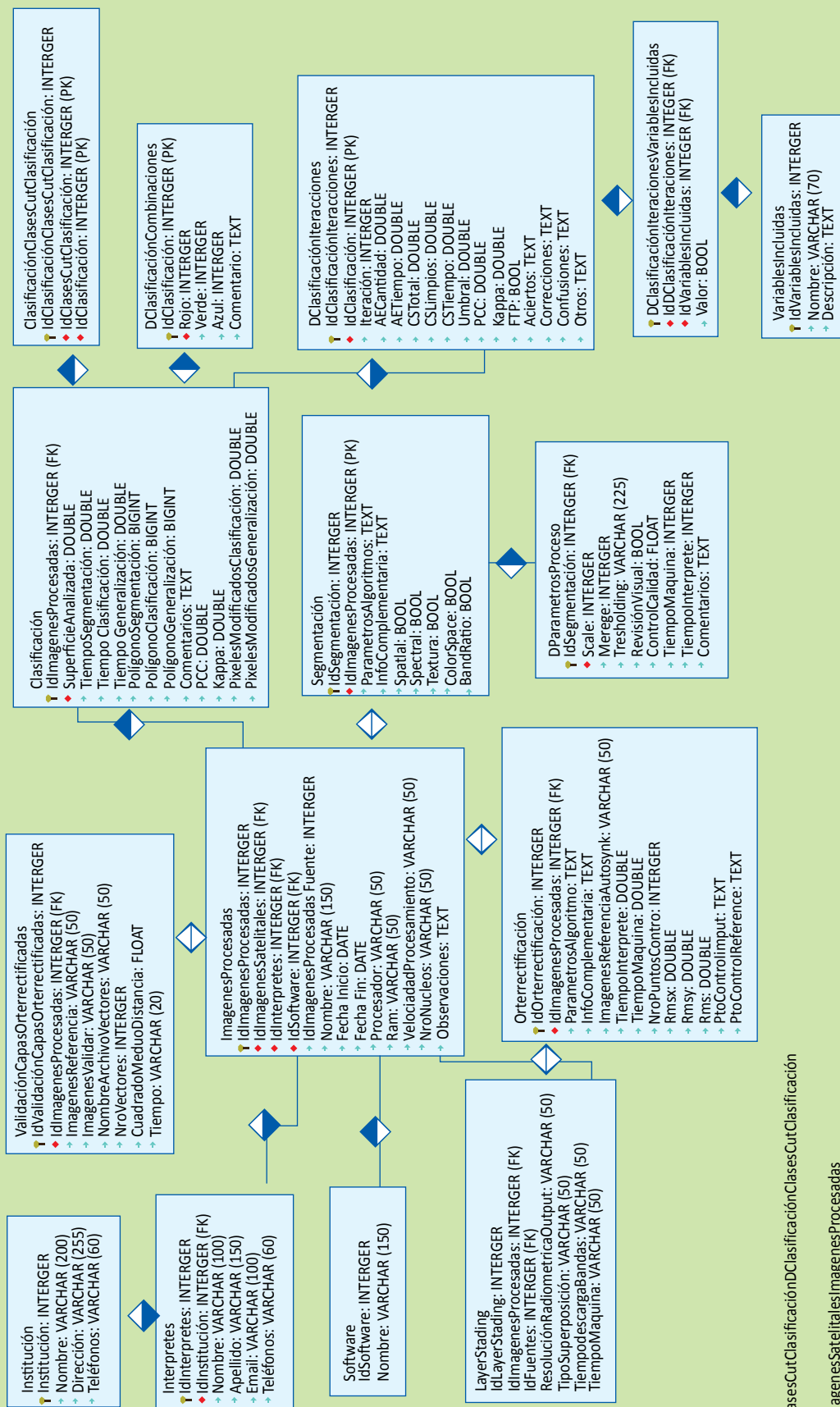
Fuentes: Permite almacenar información de las fuentes bibliográficas relacionadas al proceso de Layer Stacking.

Catalogo de Coberturas: Este módulo permite guardar información sobre muestras visuales, de tal forma que luego un intérprete pueda aprender más rápidamente las clases que se deben interpretar, cómo se ven con distintas combinaciones de banda, etc. Además, será el repositorio donde el mismo intérprete deberá documentar las características de las coberturas que identificó en su escena.

Archivos Físicos: Permite almacenar información de la ubicación de los archivos físicos que pueden ser: imágenes satelitales, fotos de campo, entre otros. Esto permite reducir el volumen de almacenamiento de los servidores centrales, de tal forma que las imágenes satelitales puedan quedar copiadas en CDs, DVDs o discos fuera del sistema on-line, pero manteniendo una referencia a su ubicación.



Formatos



ClasesCutClasificaciónDClasificaciónClasesCutClasificación

ImágenesSatelitalesImágenesProcesadas

FuentesLayerStacking



Ministerio del Ambiente
Av. Javier Prado Oeste N 1440
San Isidro, Lima. Perú
Central Telefónica (+511) 611 6000
Línea verde: 0800 -00- 660
Fax: (+511) 611 6034
www.minam.gob.pe