

ADiestramiento de Profesionales  
Centroamericanos en Analisis Digital de Datos  
Multiespectrales Landsat

por

Dr. Luis A. Bartolucci  
Technical Director, Training Programs

Laboratory for Applications of Remote Sensing  
Purdue University  
West Lafayette, Indiana 47906

Noviembre 1978

ADIESTRAMIENTO DE PROFESIONALES CENTROAMERICANOS  
EN ANALISIS DIGITAL DE DATOS MULTIESPECTRALES LANDSAT

Introducción

Como parte del convenio sobre cooperación técnica no reembolsable entre los gobiernos de las Repúblicas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua y el Banco Interamericano de Desarrollo para el establecimiento de un sistema permanente para la investigación de los recursos naturales de Centroamérica con base en la técnica de sensores remotos (ATN/SF-1550-RE), el Laboratorio para la Aplicación de Sensores Remotos (LARS) de la Universidad de Purdue en West Lafayette, Indiana tuvo a su cargo el adiestramiento de diez profesionales Centroamericanos en los fundamentos y técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos digitales multiespectrales Landsat.

En el presente informe se describen los resultados tanto del adiestramiento de los diez profesionales Centroamericanos en LARS, como también del procesamiento por medio del sistema LARSYS de áreas específicas de cada uno de los cinco países participantes.

Adiestramiento

El adiestramiento de los diez profesionales Centroamericanos en LARS tuvo una duración de cuatro meses, entre el 27 de marzo de 1978 y el 28 de julio de 1978. Una lista de los participantes se da a continuación:

<u>PAIS</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>PROFESIÓN</u>
Costa Rica	José A. Venegas B. Luis F. González L.	Períto Topógrafo Agrónomo
El Salvador	José Bustamante Luis A. Bermudez	Ing. Civil Ing. Agrónomo
Guatemala	Carlos P. Lemmerhofer A. Jorge M. del Valle C.	Ing. Industrial Ing. Agrónomo
Honduras	Francisco P. Salgado A. Raul Andino T.	Ing. Agrónomo Ing. Civil
Nicaragua	Carlos A. Eustakio Noél Alvarado	Ing. Agrónomo Ing. Civil

El periodo de adiestramiento en LARS se dividió en ocho etapas de la siguiente manera:

- 1<sup>a</sup>. Semana (Marzo 27 - Marzo 31)
  - LARS "Short Course" sobre fundamentos y aplicaciones de los sensores remotos<sup>1</sup>.
- 2<sup>a</sup>. Semana (Abril 3 - Abril 7)
  - Estudio de los Minicursos de LARS<sup>2</sup> y de literatura científica sobre sensores remotos (LARS Information Notes).
  - Evaluación del aprovechamiento de cada profesional sobre los fundamentos de sensores remotos y de análisis numérico de datos Landsat.
- 3<sup>a</sup>. Semana (Abril 10 - Abril 14)
  - Conferencias sobre la teoría de rúbricas multiespectrales de la superficie terrestre dictadas por el Dr. L. A. Bartolucci.
- 4<sup>a</sup>. Semana (Abril 17 - Abril 21)
  - Revisión de los datos de referencia existentes para cada país.
  - Definición de la secuencia de análisis de los datos digitales Landsat de cada país.
- 5<sup>a</sup>. Semana (Abril 24 - Abril 28)
  - Procesamiento LARSYS, análisis e interpretación de una pequeña zona piloto de cada país como método de entrenamiento en el manejo de las terminales y aparatos periféricos de la computadora.
- 6<sup>a</sup>. - 14<sup>a</sup>. Semana (Mayo 1 - Junio 30)
  - Procesamiento, análisis e interpretación de cada una de las áreas de estudio seleccionadas por cada país (de aproximadamente 350,000 hectáreas).
- 15<sup>a</sup>. - 17<sup>a</sup>. Semana (Julio 3 - Julio 21)
  - Preparación de los informes finales de cada uno de los cinco países.
  - Producción de mapas temáticos y fotografías a color de las clasificaciones multiespectrales.
- 18<sup>a</sup>. Semana (Julio 24 - Julio 28)
  - Revisión de los informes finales a cargo del Coordinador General Ing. Ricardo Isla Marco y el Instructor de LARS, Dr. Luis A. Bartolucci

---

<sup>1</sup>Ver adjunto A para la descripción del contenido del "Short Course" de LARS.

<sup>2</sup>Ver adjunto B para la descripción del contenido de los Minicursos de LARS.

Los resultados de la evaluación de aprovechamiento de cada uno de los 10 profesionales Centroamericanos formaron como era de esperar, una "distribución normal", en el sentido de que la mayor parte de ellos demostraron haber comprendido y asimilado satisfactoriamente todos los temas expuestos. Uno o dos de los diez profesionales desde el principio no respondieron satisfactoriamente en la comprensión de la materia y dos de ellos demostraron, además de un gran interés en esta tecnología, una gran capacidad de aprendizaje y de verdadera agilidad de razonamiento científico, a tal extremo que durante las últimas semanas de su estadía en LARS, estos competentes profesionales desarrollaron nuevas metodologías de análisis digital de datos Landsat y siguiendo sus propias iniciativas condujeron investigaciones en horizontes nuevos de la ciencia relacionada al campo de los sensores remotos.

Durante todo el periodo de adiestramiento en LARS no se registraron mayores problemas, a excepción de los contratiempos surgidos por la demora de los datos Landsat (CCT - cintas magnéticas compatibles con computadoras del 24 de Diciembre de 1972) correspondientes a las zonas de estudio de Honduras y Nicaragua, que finalmente llegaron a mediados de Julio, de tal manera que el análisis de estos datos no se pudo realizar. Después de consultar sobre la situación con el Coordinador Regional, Ing. Isla y los profesionales de Nicaragua y Honduras, LARS hizo un pedido al Centro de datos EROS para que enviaran lo antes posible otras tres cintas de las mismas áreas de estudio de Nicaragua y Honduras pero de diferentes épocas. Estas tres imágenes en formato de cintas magnéticas (CCT's) llegaron a LARS el día 5 de Julio de 1978, es decir tres semanas antes de la terminación del programa de adiestramiento. Como consecuencia de esta limitación de tiempo, las clasificaciones multiespectrales de las áreas de estudio de estos dos países no pudieron ser suficientemente verificadas y refinadas.

En resumen, los resultados del adiestramiento de los profesionales Centroamericanos pueden, sin duda, ser calificados como exitosos. Sin embargo, para mejorar aun más estos resultados, se recomienda que los participantes de futuros programas similares tengan un mejor conocimiento del idioma inglés.

#### Estudio de Areas Especificas

Cada uno de los cinco países Centroamericanos seleccionaron un área de aproximadamente 350,000 hectáreas de extensión para estudiarlas por medio del procesamiento digital, análisis e interpretación de datos multiespectrales recolectados por los satélites Landsat. La descripción de cada una de las áreas de estudio está documentada en detalle en cada uno de los Informes Finales de los cinco países (Ver Adjuntos C,D,E,F y G). De igual manera el procedimiento y metodología de investigación utilizada por cada país está incluida en los Informes Finales antes mencionados.

Datos Landsat. Los datos de Landsat que se utilizaron en estos estudios específicos por cada país fueron los siguientes:

<u>País</u>	<u>Imagen No.</u>	<u>Fecha</u>	<u>Identificación de LARS</u>
Costa Rica	2040-15163	Marzo 3, 1975	75044401
El Salvador	2331-15303	Diciembre 19, 1975	75045001
Guatemala	2405-15402	Marzo 2, 1976	76020401
Honduras	2078-15270	Abril 10, 1975	75045201
Nicaragua	2078-15270	Abril 10, 1975	75045202

Las tres otras cintas que se pidieron a EROS, pero que no llegaron a LARS a tiempo fueron las siguientes:

<u>País</u>	<u>Imagen No.</u>	<u>Fecha</u>	<u>Identificación de LARS</u>
Honduras	1154-15380	Diciembre 24, 1972	72047200
Nicaragua	1154-15385	Diciembre 24, 1972	72047300
Nicaragua	2348-15244	Enero 5, 1976	- - - - -

Datos de Referencia. Los datos de referencia o de "ground truth" que se requerían para el análisis y verificación de los resultados del procesamiento digital de las áreas específicas de estudio, no fueron en general lo suficientemente adecuados, excepto en el caso de Costa Rica en que el material necesario fué traído por los profesionales Costarricenses. Aunque todos los becarios fueron informados a su tiempo (much antes de viajar a Los Estados Unidos) de la importancia de estos datos, ellos no cumplieron con este requerimiento. Como consecuencia, las condiciones de análisis e interpretación de las áreas específicas no fueron las óptimas.

Para el futuro, es menester hacer incapié en este requerimiento de suma importancia, especialmente en lo que se refiere a fotografías de zonas típicas dentro del área de estudio.

Procesamiento LARSYS. Como el sistema de procesamiento de datos multidimensionales LARSYS es fundamentalmente un sistema flexible y versátil, los procedimientos de análisis varían dependiendo en las condiciones particulares de los datos que se desean procesar y en los objetivos específicos del usuario. Los procedimientos de análisis utilizados por cada uno de los cinco países Centroamericanos están documentados en detalle en los Informes Finales de cada país (Ver adjuntos C,D,E,F y G).

Dejando o un lado las diferentes variaciones de análisis utilizadas por cada país, se puede resumir el procedimiento general seguido por todos los países de una manera esquemática por medio de un diagrama de flujo como se muestra en la figura 1. En esta figura se muestran solo los conceptos relacionados con los diferentes procesadores LARSYS, puesto que la intención básica del adiestramiento era justamente de hacer entender la parte conceptual del procesamiento digital de datos Landsat, de manera que les puedan ser útil aun en situaciones en que no tengan a su disposición un sistema idéntico a LARSYS.

Resultados. Los resultados obtenidos del procesamiento, análisis e interpretación de los datos Landsat para cada una de las áreas de estudios específicos de cada país, se los describió en cada uno de los Informes Finales adjuntos. El tipo de productos resultantes del procesamiento y análisis en LARS que se enviaron a la Coordinación Regional en Guatemala para ser distribuidos a los diferentes países participantes en este programa de adiestramiento, se describe a continuación. De igual manera se incluye a continuación una lista de resultados enviados el Sr. Norberto Max en Washington, D.C.

Productos Enviados a la  
Coordinación Regional

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
25	Informes Finales de Guatemala
25	" " " Costa Rica
25	" " " Honduras
25	" " " Nicaragua
25	" " " El Salvador
5	Informes Finales (Originales) con fotos originales a color, uno por cada país para la Coordinación.
4	Diapositivas originales a color de los resultados de Honduras.
5	Diapositivas originales a color de los resultados de Nicaragua
9	Diapositivas originales a color de los resultados de El Salvador
26	Diapositivas originales a color de los resultados de Guatemala
9	Diapositivas originales a color de los resultados de Costa Rica
5	Rollos completos de mapas del tipo VARIAN de las clasificaciones finales de cada país
Varias	Copias de mapas alfa-numéricos de computadora de las clasificaciones de cada país
Todos	Los resultados (outputs de la computadora) intermedios del procesamiento LARSYS para cada uno de los cinco países.
5	Sets completos de fotografías a color de las clasificaciones finales de cada país.
2	Copias originales a color de los productos tipo MEAD para cada país.

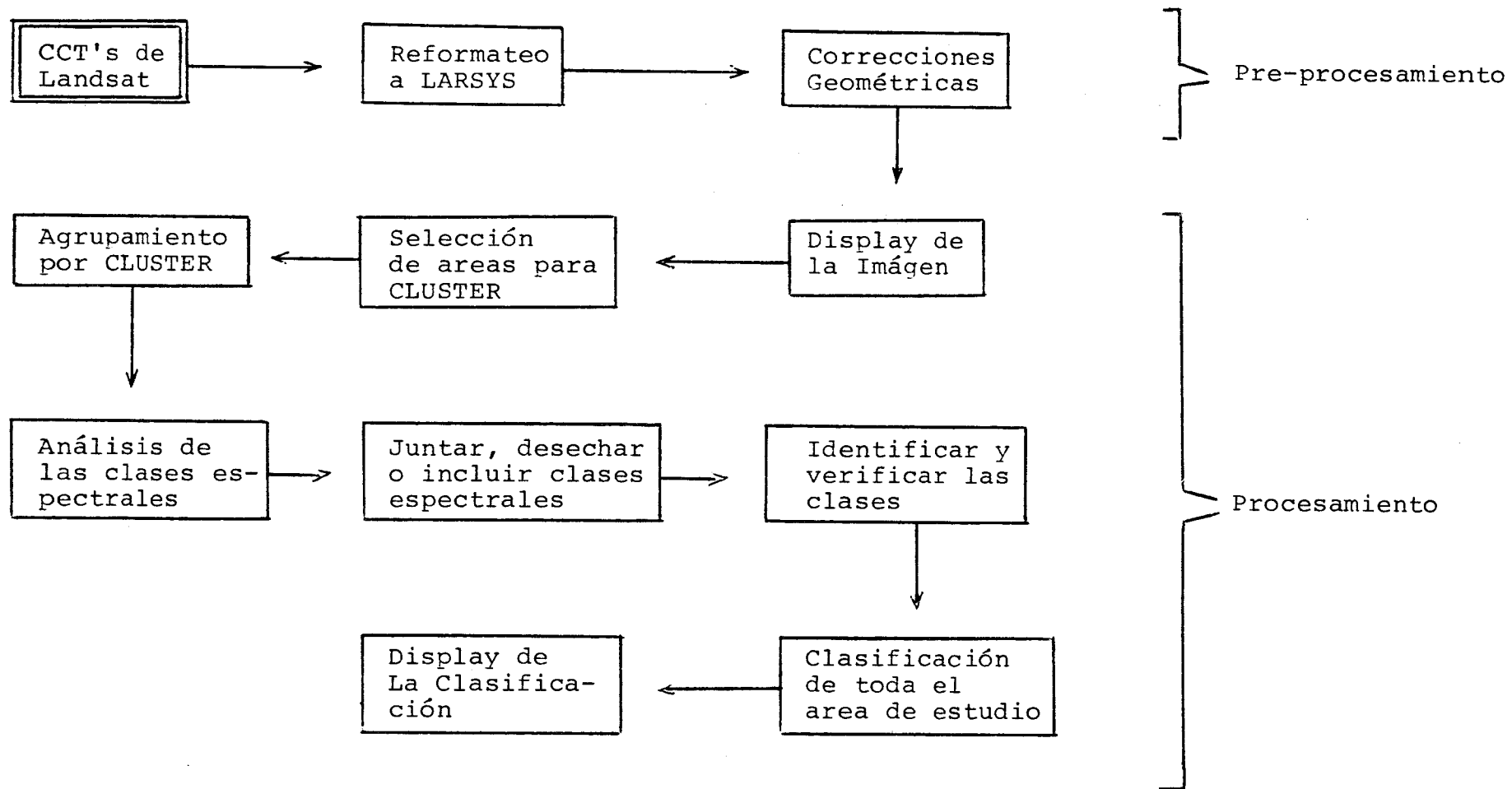


Figura 1. Diagrama de flujo del procesamiento y análisis de los datos Landsat por medio del sistema LARSYS.

Productos Enviados al BID/Washington

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
1	Informe Final con fotografías e ilustraciones originales de Costa Rica.
1	Informe Final con fotografías e ilustraciones originales de Guatemala
1	Informe Final con fotografías e ilustraciones originales de El Salvador
1	Informe Final con fotografías e ilustraciones originales de Honduras
1	Informe Final con fotografías e ilustraciones originales de Nicaragua
5	Copias de los Informes Finales de cada uno de los cinco países Centroamericanos
1	Copia original a color de los mapas tipo MEAD para cada país.

Viaje de Verificación de Campo. Treinta días después de completar el programa de adiestramiento de los profesionales Centroamericanos en LARS, se realizó un viaje a las zonas de estudio de cuatro de los cinco países participantes. Debido a problemas internos en la República de Nicaragua, no se pudo visitar el área de estudio de este país, de manera que no se hizo la verificación de campo de los resultados obtenidos del procesamiento digital de datos Landsat. Los profesionales Nicaraguenses que participaron en el programa de adiestramiento en LARS se comprometieron hacer la verificación de los resultantes mapas espectrales de cobertura del terreno cuando la situación del país les permitiera. Hasta la fecha no hemos tenido noticias de ellos. En estos viajes de verificación de campo participaron: un experto de LARS, Dr. Luis A. Bartolucci; el Coordinador Regional, Ing. Ricardo Isla Marco; y los profesionales de contraparte de cada país.

Los resultados que se obtuvieron de estos viajes de verificación de campo en cada país se describen a continuación:

El Salvador. Durante el viaje de verificación de campo en El Salvador se recorrieron 12 zonas específicas dentro del área de estudio. Estas zonas fueron las siguientes:

1. Área vecina a la laguna Aramuaca.
2. Área con plantas acuáticas en la laguna Olomega.
3. Área sembrada de marañón vecina a la laguna Olomega.
4. Área sembrada de marañón al sur del área de estudio.
5. Área sembrada de maguey.
6. Área cubierta con lava volcánica.
7. Ciudad Uzulután.
8. Área de cultivos al Nor-Oeste de Uzulután.
9. Área de algodón al Oeste de Uzulután
10. Puerto del triunfo. (áreas de mangle).
11. Área del bosque Nancuchiname.
12. Península San Juan del Gozo.



En general la clasificación multispectral del area de estudio de El Salvador fué satisfactoria en el sentido en que se pudieron diferenciar correctamente los principales tipos de cubierta del terreno, como ser entre agua, vegetación y suelos. Las arenas de la costa, aguas puras, aguas turbias o de poca profundidad fueron clasificadas correctamente. Las aguas de rio fueron confundidas en varios sectores con la lava volcánica y la parte central de las sobras de nubes densas por tener estas características espectrales muy similares entre sí. Las plantaciones de coco fueron correctamente identificadas, igualmente que los bosques sombra de café. Los mangles en su mayor parte fueron clasificados correctamente, a excepción de algunas areas donde la poca densidad de la variedad del mangle y la alta marea exhibía una reflectancia muy similar a la de aguas de rio y de las lavas volcánicas. Las otras clases espectrales correspondientes a vegetación que se pudieron mapear por medio del procesamiento LARSYS de los datos Landsat no se pudieron verificar en el campo porque correspondian a areas de cultivos agrícolas que cambian a travez del curso del año y muchas veces se practica la rotación de cultivos de un año al otro. Es decir que los datos Landsat que se utilizaron en este estudio fueron tomados el 19 de diciembre de 1975 y el viaje de verificación de campo se realizó a fines de agosto de 1978.

En resumen, los resultados de la clasificación multiespectral de los datos Landsat del area de estudio de El Salvador han sido satisfactorios.

Costa Rica. Los resultados del estudio de Costa Rica han demostrado que el procesamiento y análisis multiespectral de los datos Landsat ofrece una valiosísima erramienta para realizar inventarios de recursos naturales en grandes extensiones de terreno y a un nivel de detalle de media hectarea en media hectarea. En este estudio se pudieron mapear correctamente 2 tipos de aguas (clara y turbida), tres tipos de cubierta forestal, seis tipos distintos de suelos y cuatro clases espectrales distintas en areas de cultivo. Igualmente que en el caso de El Salvador, el viaje de verificación de campo en Costa Rica se realizó a principios de septiembre de 1978 y los datos de Landsat utilizados en el estudio fueron tomados el 3 de marzo de 1975. Una diferencia de más de tres años y en épocas climatológica completamente opuestas. Razon por la cuál no fué posible identificar en detalle las diferentes clases espectrales obtenidas por el procesamiento digital de los datos Landsat, pero en general todas las areas agrícolas fueron correctamente mapeadas como alguna de los varios clases espectrales de cultivos y/o suelos; igualmente todos las areas de bosques y manglares fueron correctamente identificadas, a excepción de los bosques que se encuentran en pendientes de alto grado al lado opuesto a los rayos del sol, es decir los bosques que se encontraban a la hora de la toma de los datos dentro de sombras topográficas, que se confundieron con una clase espectral correspondientes o un tipo de suelos anegados o muy húmedos.

Honduras. Como ya se mencionó anteriormente en este informe, los datos Landsat de Honduras que originalmente se habian seleccionado no llegaron a LARS a tiempo para ser procesados, de manera que se tuvieron que procesar otros datos de otra época y que también

llegaron a LARS con mucho retraso. Con todos estos contratiempos, el procesamiento y análisis de los datos Landsat de la zona de estudio de Honduras se realizó con mucha prisa y sin mayor apoyo de datos de referencia para la época en que se tomaron los datos Landsat (Abril 10, 1975), de modo que aunque se pudieron mapear 18 clases espectrales diferentes, no se las pudo debidamente identificar. Cuando se recorrió el área de estudio durante el viaje de verificación de campo se pudo ver que en esta zona durante el mes de abril casi todas las cubiertas vegetales están secas, por lo tanto esta época resulta ser la menos propicia para hacer un inventario de recursos naturales. Lo único que en este estudio se pudo mapear correctamente fueron dos tipos distintos de mangles y por supuesto, diferentes tipos de aguas con diferentes cantidades de materiales en suspensión.

Guatemala. Los resultados de la clasificación multiespectral de los datos Landsat del área de estudios específicos de Guatemala fueron evaluados minuciosamente durante el viaje de verificación de campo con la ayuda de fotografías aéreas tomadas por un avión U-2. Después de esta evaluación se pudo concluir que tanto las características de los datos Landsat MSS, como las técnicas de procesamiento o extracción de información LARSYS son sin duda valiosísimas para conducir inventarios de recursos naturales en regiones extensas.

De los datos Landsat utilizados en este estudio se pudieron diferenciar, clasificar y mapear 16 clases espectrales completamente distintas entre sí. Después de la verificación de campo se combinaron algunas clases espectrales para representar un número menor de clases informacionales (clases reales en el terreno). Las 16 clases espectrales de la clasificación final del área de estudio de Guatemala están descritas en la página 44 del Informe Final del país (Ver adjunto E). Las 10 clases informacionales finales son las siguientes:

<u>Clase Inf.</u>	<u>Clase Espect.</u>	<u>Descripción</u>
1	1	Aguas claras
2	2	Aguas turbias
3	3,4,9	Áreas muy húmedas, áreas quemadas y bordes de agua/vegetación/suelos húmedos
4	5,7,8	Suelos descubiertos de vegetación
5	6	Suelos cubiertos con vegetación baja y dispersa (pastas).
6	10	Campos de cultivos poco desarrollados
7	11,12	Campos de cultivos bien desarrollados y vigorosos.
8	8	Áreas de cultivos poco productivas (causes antiguos de ríos).
9	13	Mangles y árboles en áreas muy húmedas.
10	14,15,16	Áreas forestales de diferentes densidades.

Es importante notar que con el procesamiento digital (LARSYS) de los datos Landsat se pudieron diferenciar, clasificar y mapear un número mayor de clases que las que se necesitan o se clasifican con métodos convencionales. Por ejemplo, se clasificaron 3 distintas clases espectrales correspondientes a distintas densidades de áreas cubiertas por vegetación forestal. También se diferenciaron 3 clases espectrales de suelos cubiertos por diferentes cantidades de vegetación, que al final se tuvieron que unir en una sola clase informacional pues para el nivel de inventario de recursos naturales es demasiada cantidad de información.

En resumen, todas las clases de cobertura terrestre de interés en inventarios de recursos naturales en esta zona de estudio de Guatemala, fueron correctamente diferenciadas y delineadas en los mapas multiespectrales resultantes (a escala 1:25,000). Como era de esperar, se encontraron algunas limitaciones como ser que: 1) los suelos muy húmedos (oscuros) se confundieron con las áreas agrícolas quemadas (oscuras), 2) Algunos campos de algodón en estado de poco crecimiento tienen características espectrales muy similares a áreas de pastos con árboles dispersos y 3) los campos de algodón y de caña de azúcar en esta particular época mostraban reflectancias muy parecidas, pero sí fue posible diferenciar correctamente dos tipos distintos de campos de algodón (relacionados a dos diferentes etapas de crecimiento).

### Conclusiones y Recomendaciones

Según el convenio firmado entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Laboratorio para la Aplicación de Sensores Remotos (LARS) de la Universidad de Purdue, el propósito de éste comprendió dos objetivos específicos: el primero y de más importancia, requería el adiestramiento de 10 profesionales Centroamericanos en las técnicas de análisis de datos de sensores remotos, y el segundo estipulaba el procesamiento, análisis e interpretación (utilizando el sistema LARSYS) de datos multiespectrales digitales Landsat de una zona de aproximadamente 350,000 hectáreas seleccionada por cada uno de los 5 países Centroamericanos.

El primero y más importante objetivo de este programa, es decir el adiestramiento, se cumplió exitosamente durante los cuatro meses de estadia de los 10 profesionales Centroamericanos en LARS. Se considera que este tipo de cooperación a países en vías de desarrollo es de suma importancia puesto que la transferencia de tecnologías debería siempre comenzar por el entrenamiento y preparación de elementos humanos. Para aun mejorar más el éxito de estos programas de adiestramiento de profesionales en las técnicas de sensores remotos, se recomienda que en futuros programas similares se envíen "equipos completos" de profesionales de cada país. Estos equipos humanos deberían ser formados por profesionales representantes de las diferentes disciplinas a las que los sensores remotos les pueden ser útil, es decir: agrónomos (de cosechas y de suelos), expertos forestales, hidrólogos, geólogos, e ingenieros de sistemas tanto en la parte de equipos de computación (hardware) como en programación en lenguajes de computadoras (software). Esto es un requerimiento básico puesto que la tecnología de los

sensores remotos es fundamentalmente multidisciplinaria.

El segundo objetivo de este programa, es decir el procesamiento, análisis e interpretación de datos multiespectrales digitales Landsat, se cumplió también exitosamente no obstante que 1) las cintas magnéticas de datos Landsat de dos de los cinco países fueron recibidas en LARS con mucho retraso, 2) fué difícil encontrar datos de Landsat de buena calidad y en épocas óptimas para conducir inventarios de recursos naturales, y 3) los datos de referencia o "ground truth" que se necesitaban durante el análisis digital LARSYS, no eran completamente adecuados. Para mejorar los resultados de estos análisis de datos digitales Landsat de áreas específicas de los países Centroamericanos se recomienda que la Coordinación Regional del programa de sensores remotos de Centroamérica estudie la posibilidad de obtener datos Landsat sobre Centroamérica más amenudo y de manera más eficiente que la actual necesidad de hacer pedidos al Centro de Datos EROS que a su vez tiene que pedirlos al Centro Espacial Goddard y que en general se demoran entre 4 y 6 meses en llegar a los centros de procesamiento y analisis. En el caso específico de los países centroamericanos que no son cubiertos por ninguna de las estaciones de recepción de datos Landsat de los Estados Unidos, ni por la estación de Cuiabá, Brazil, y con las malas experiencias que se han tenido con los sistemas de grabación en los satélites Landsat, la única alternativa que quedaria si se quisiera mejorar el flujo de datos Landsat de la plataforma espacial al usuario Centroamericano, sería por medio de la recepción de éstos directamente por una estación de recepción que cubra en tiempo real toda la extensión de los países Centroamericanos.

Finalmente, es facil ver que con el presente programa de sensores remotos en Centroamerica se ha despertado un gran interes en esta nueva tecnología por parte de cada uno de los países que participaron en el programa. Para que este interés se pueda materializar en un programa que pueda rendir frutos útiles para el desarrollo de los países Centroamericanos, se recomienda el apoyo tanto del Banco Interamericano de Desarrollo como de otras entidades internacionales impulsoras del desarrollo de países para dar continuidad a este primer programa de sensores remotos por medio de la creación de un centro de coordinación permanente con sede en uno de los países Centroamericanos. Posteriormente, este mismo centro de coordinación se podría convertir en un centro de almacenamiento, de disiminación (aun de recepción), de procesamiento y de adiestramiento de nuevos profesionales tanto para Centroamérica como para muchos otros países de la América del Sur y del Caribe. Más específicamente, se recomienda que la cooperación tan valiosa que han prestado hasta este momento a los países Centroamericanos el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos de Norte América, se unifiquen en un solo esfuerzo para la creación de un centro de coordinación permanente de sensores remotos en Centroamérica.