

Cambios en el Uso del Suelo Evaluados por Medio de Sensores Remotos

James M. Ellis

Dr. James Ellis
Director
Ellis GeoSpatial
Walnut Creek, California, EE.UU.

El Dr. James Ellis comenzó su experiencia en sensores remotos con la empresa Gulf Oil en 1982. Ha preparado más de 25 publicaciones para la industria privada y ha dirigido varios talleres de sensores remotos en numerosas conferencias profesionales. Recibió un grado profesional de la Universidad de Rochester y una Maestría y Doctorado en Geología de la Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo. Fue profesor asesor en el Departamento de Geología de la Universidad Rice (1981-1982). El Dr Ellis fue Conferencista Distinguido en 1995-1996, por la Asociación Americana de Geología y Petróleo (AAPG, por sus siglas en inglés) analizando *Sensores Remotos en Geología y Medio Ambiente para Operaciones Petroleras Internacionales* en universidades y sociedades profesionales en los Estados Unidos y Canadá. Es miembro del Comité Asesor de SIG-GPS, de Diablo Valley College (2002-presente) y enseña sensores remotos (un curso universitario de teoría y laboratorio) para el Programa Certificado SIG/GPS. Antes de trabajar en la industria privada, enseñó foto-geología en la Universidad Estatal de Nueva York College, en Fredonia. El Dr. Ellis colaboró en la fundación de la compañía, The MapFactory, en 1997 para expandirse en otras aplicaciones de los sensores remotos. En 2002, fundó Ellis GeoSpatial (www.ellis-geospatial.com) para proporcionar soluciones con Sensores Remotos Enfocados y SIG, para la industria y el gobierno. El Dr Ellis es Geólogo Profesional del Estado de California, Certificado No. 7391. su currículum detallado se anexa al final de este documento.

Certificación por parte del autor

El informe adjunto refleja con precisión mis conocimientos y opiniones en esta materia.

Firma del Autor: _____

Fecha: _____

Cambios en el Uso del Suelo Evaluados por Medio de Sensores Remotos

1. Conclusiones

1. El Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) es la agencia que supervisa el monitoreo de bosques y los cambios en el uso del suelo en el Ecuador. CLIRSEN y otros investigadores determinaron que la cobertura forestal en todo el territorio del Ecuador ha disminuido de 15.6420.000 hectáreas en 1962 a 10.390.000 – 11.679.822 hectáreas en el año 2000.
2. CLIRSEN ha determinado que para los periodos 1965-1985 y 1985-2000, la mayor pérdida de cobertura forestal en el Oriente fue en la provincia sur-central de Morona Santiago. Durante el mismo periodo de tiempo, de 35 años aproximadamente, la provincia de Napo sufrió una mayor deforestación en comparación con las provincias de Sucumbíos y Orellana donde estaba ubicada la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.
3. La antigua Concesión Petroecuador-Texaco abarcaba 442.976 hectáreas. La superficie ocupada por Texpet durante 1990-1991 incluía 681 hectáreas (0,15 por ciento (%)) correspondiente a instalaciones de producción (estaciones de producción y pozos) y 3734 hectáreas (0,85%) de carreteras dentro de la concesión (vale la pena mencionar que Texpet fue obligado por el Estado Ecuatoriano a permitir el acceso público a las carreteras). La superficie total de instalaciones petroleras y carreteras corresponde a 4415 hectáreas, es decir, el 1% del área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.
4. La zona norte-central de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco se caracteriza por tener suelos de alta fertilidad. Por este motivo, el IERAC destinó estos terrenos para la colonización y expansión agrícola (Southgate y Wasserstrom, 2008). Debido a los requisitos del IERAC para obtener los títulos de las tierras, los colonos convirtieron el bosque en tierras para uso agrícola y para otros usos. Para el año 2000, el 54,4% (aproximadamente 241.000 hectáreas) de la antigua Concesión se clasificaba como de uso agrícola, urbano o de otros usos.
5. En áreas donde el acceso a bloques petroleros ha sido restringido, la colonización y los cambios en el uso del suelo que ocasionan la deforestación son mínimos. Por ejemplo, en los Bloques 10, 14 y 16 del Oriente donde se controló el acceso, la cobertura forestal se conservó en más del 98% para el año 2000, a pesar de que se construyeron carreteras para el acceso a la zona petrolera en los Bloques 14 y 16.
6. La superficie ocupada por las operaciones de Texpet comprendía 1,8% del terreno desbrozado en la antigua Concesión, cuando se compara con el mapa de cobertura vegetal de CLIRSEN para el año 2000. Por lo tanto, el 98% de la deforestación que ocurrió dentro de la antigua Concesión habría sido causada por factores que no están directamente relacionados con las operaciones del Consorcio Petroecuador-Texaco (carreteras, estaciones de producción y plataformas de pozos petroleros).

2. Introducción

La cobertura forestal ecuatoriana, los cambios en el uso del suelo y la deforestación han sido estimados por agencias nacionales e internaciones durante el periodo de 1962 al 2005 (Wunder, 2003; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés, 2007, 2008). En general, los numerosos estudios demuestran que la cobertura forestal del Ecuador ha disminuido en todo el país en las últimas cuatro décadas. El uso de imágenes para medir la cobertura forestal ha demostrado ser una herramienta precisa y económicamente efectiva para las agencias en todo el mundo. En el presente informe se presentan los estimados de cambios en la cobertura forestal para el Ecuador, el Oriente y para la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.

Uso de Sensores Remotos para Evaluar los Bosques

El uso de tecnologías geoespaciales (sensores remotos, imágenes satelitales y Sistema de Información Geográfica - SIG) ha incrementado la precisión en la estimación de la cobertura forestal durante las últimas dos décadas. Los bosques muestran patrones únicos y uniformes en las imágenes satelitales. Por lo tanto, el área cubierta por el bosque puede ser medida fácilmente con imágenes satelitales. Los cambios en la cobertura forestal se pueden calcular al obtener imágenes satelitales sobre la misma área en diferentes años.

Los sensores que obtienen estas imágenes registran la luz solar reflejada de la superficie de la tierra en millones de píxeles a bordo del satélite. La resolución espacial (o la resolución del suelo) de estos píxeles varía dependiendo del sensor seleccionado para el mapeo. Los sensores empleados para evaluar la cobertura forestal y los cambios en el uso del suelo tienen resolución espacial (píxeles) que tienen entre treinta metros y un kilómetro. Los sensores con mayor número de píxeles son empleados para mapeo global y continental. Asimismo, dentro de cada píxel los sensores registran diferentes longitudes de onda de luz solar reflejada. Los sensores satelitales empleados por las agencias para la evaluación de bosques recopilan a la vez entre tres y seis imágenes separadas, cada imagen representa una longitud de onda diferente de la luz del sol reflejada. La recopilación de imágenes se describe como datos multiespectrales. Estos datos digitales son procesados mediante computadoras para generar compuestos de los colores de manera informativa y permitir el mapeo de la cobertura del suelo. Las características de la cobertura del suelo (diferentes tipos de vegetación, agua, suelo desnudo, áreas pobladas) pueden tener patrones espectrales característicos en los datos multiespectrales. Se han desarrollado programas de computadora que pueden detectar estos patrones espectrales y clasificar los millones de píxeles que hay en una imagen en pequeños grupos (clusters) que pueden representar diferentes características de la superficie de la tierra.

Estos mapas de clasificación son desarrollados frecuentemente por las agencias para medir y monitorear diferentes tipos de cobertura forestal, tales como bosques, agricultura, arbustos, pastos, agua, etc. Al conocerse el tamaño de cada píxel, se pueden generar estadísticas precisas sobre el área y el porcentaje de suelo cubierto por diferentes características tales como bosque, agua, suelo desnudo y áreas pobladas. Este cambio en el uso del suelo está siendo documentado tanto a nivel mundial como en América del Sur por numerosas agencias internacionales, en el Ecuador lo realiza el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), empleando imágenes satelitales.

Uso de Sensores Remotos en el Ecuador

La agencia ecuatoriana CLIRSEN es una agencia líder reconocida en el uso de tecnologías geoespaciales para medir los cambios en la cobertura forestal. La agencia proporciona una amplia gama de servicios y productos en sensores remotos incluyendo: estudios ambientales, SIG, imágenes aéreas, adquisición y distribución de imágenes satelitales, capacitación, procesamiento y mapeo catastral en áreas rurales.

CLIRSEN fue creado el 7 de diciembre de 1977 (Decreto No. 2027, publicado en el Registro Oficial No. 486, del 19 de diciembre de 1977) como Organismo de Derecho Público con personería jurídica y autonomía técnico-administrativa, adscrita al Instituto Geográfico Militar con el objetivo fundamental de formar el inventario de los recursos naturales a nivel nacional y generar la información que posibilite el uso, manejo y conservación de los mismos.

El CLIRSEN está constituido por un Directorio conformado por un representante de las principales carteras del Estado (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, Ministerio de Minas y Petróleos, entre otros); la representación legal del CLIRSEN la ejerce el Director Ejecutivo (*Ing. Ramiro Pazmiño, Tcrn. de C.S.M.*); así como también la mayoría de los cargos de dirección administrativa y técnica la ejercen miembros activos de las Fuerzas Armadas del Ecuador (CLIRSEN, 2008).

Recientemente CLIRSEN adquirió de Finlandia dos sensores multispectrales con software de rectificación de imágenes y uso de mosaicos. Estos sensores están siendo utilizados en aeronaves para aplicaciones agrícolas, forestales y gubernamentales. CLIRSEN fue recomendada por la USAID (2006) como la principal agencia para establecer un programa de monitoreo forestal permanente en todo el Ecuador. En Mayo del 2006 CLIRSEN firmó un acuerdo con The Nature Conservancy para generar productos requeridos para el mapeo de vegetación y especies invasivas empleando imágenes satelitales. En 2007 se inició un nuevo proyecto llamado Panamazonia II con el fin de detectar las áreas deforestadas en toda la Cuenca Amazónica. Este proyecto es auspiciado por el Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE) de Brasil y CLIRSEN fue seleccionada como la agencia responsable para sensores remotos y mapeo en el Ecuador. Los científicos de CLIRSEN publican artículos científicos y mapas perfectamente documentados sobre ingeniería forestal, agricultura, minerales, acuicultura y medio ambiente. CLIRSEN (2008) tiene una página en Internet y un centro de distribución de datos interactivos e informativos en <http://www.clirsen.com/>, extendiendo su experiencia y recursos en todo el mundo.

Para el mapeo del Oriente CLIRSEN ha utilizado sensores con píxeles de 30 metros. Si se obtiene imágenes satelitales sobre la misma área en diferentes años se puede calcular la cobertura forestal. CLIRSEN calcula la deforestación simplemente al restar sus estimados más recientes y más pequeños de cobertura forestal, de sus anteriores estimados más grandes de cobertura forestal (FAO, 2007; Orellana, 2007).

3. Monitoreo de los Bosques y Cambios en la Cobertura del Suelo

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a pedido de las naciones miembros y la comunidad mundial, monitorear regularmente los bosques a nivel mundial a través del Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA, por sus siglas en inglés; FAO, 2005). Este programa ha desarrollado términos y definiciones para bosques y deforestación en su Actualización para el año 2005 de la Evaluación de Recursos Forestales a Nivel Mundial (FAO, 2005). FAO reconoce que el uso de los términos y definiciones es esencial para el monitoreo mundial.

FRA 2005 – Términos y Definiciones define Bosque como “Terreno que se extiende más de 0,5 hectáreas con árboles mayores de 5 metros y una cubierta de más de 10 por ciento ... Sin incluir el suelo que está bajo uso predominantemente agrícola o urbano.” La deforestación es definida como “La transformación del bosque a otro uso del suelo, o la reducción a largo plazo de la cubierta de árboles por debajo del umbral mínimo de 10 por ciento.”

Wunder, (2003) adopta la definición de FAO de deforestación pero también señala que la deforestación es “básicamente definida como el retiro radical de la cubierta de corona de árboles, seguida generalmente por el cambio en el uso del suelo.”

Las numerosas agencias e investigadores que evalúan la misma área pueden calcular diferentes cantidades de cobertura forestal y cambios anuales en la cobertura del suelo debido a diferencias en los siguientes factores:

1. Las áreas de terreno que se están midiendo.
2. La definición de bosque.
3. La definición de deforestación anual.
4. Las imágenes satelitales utilizadas en el análisis, ya que tienen distintas resoluciones espaciales (tamaño de píxeles) y resolución espectral (número y tipo de longitudes de onda registrados por el sensor).
5. La información de referencia del terreno.
6. Las técnicas de procesamiento de imagen y el desarrollo de diferentes umbrales espectrales forestales y no forestales, ya que alteran la superficie en acres determinada por las imágenes de los sensores remotos empleados.
7. Las áreas cubiertas por nubes, las condiciones atmosféricas y la calidad de imagen alteran la superficie en acres calculada mediante las imágenes obtenidas por los sensores remotos empleados.
8. Las fechas de adquisición de las imágenes satelitales y diferentes periodos de tiempo durante los cuales se efectuaron los análisis. Los estudios que emplean diferente número de años o un periodo de tiempo diferente tendrán estimados diferentes de deforestación anual.

Incluso con estas variables, en la siguiente sección se demuestra que algunas agencias e investigadores han desarrollado estimados relativamente similares de los cambios en la cobertura forestal y la cobertura del suelo en el Ecuador.

4. Estimados de Cobertura Forestal en el Ecuador y en el Oriente

Los estimados de la cobertura forestal fueron analizados en tres niveles: en todo el país, en el Oriente y en el área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Los estimados de la cobertura forestal en el Ecuador han sido efectuados entre los años 1962 y 2000 por numerosas agencias incluyendo la FAO, el Instituto de Recursos Mundiales - World Resources Institute (WRI, por sus siglas en inglés), la Asociación Internacional de Maderas Tropicales - International Tropical Timber Association (ITTO, por sus siglas en inglés), el Instituto Ecuatoriano Forestal, de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN), la Unidad de Monitoreo de Vegetación a Nivel Mundial del Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea (EC-JRC-GVM, por sus siglas en inglés), y CLIRSEN.

Ecuador

Los estimados de la cobertura forestal en el Ecuador varían de 15.642.000 hectáreas en 1962 a 10.390.000 – 11.679.822 hectáreas en el año 2000 (Tabla 1). Hay una relación inversa entre la antigüedad del estimado y la cantidad de bosque, es decir, mientras más antiguo sea el estimado, mayor será la cantidad de cobertura forestal (Figura 1).

Tabla 1. Estimados Seleccionados de la Cobertura Forestal Ecuatoriana y Deforestación Anual
(modificados de Wunder, 2003, Tabla 7.1)

Autor	Cobertura Vegetal (ha)	Año	Deforestación Anual (ha)
ITTO e INEFAN (1994)	15.642.000	1962	140.739
WRI (1992)	14.773.000	1980	340.000
ITTO e INEFAN (1994)	12.405.000	1985	330.000
CLIRSEN (1991)	13.462.654	1985	-
WRI (1994)	11.962.000	1990	340.000
FAO (1993)	11.962.000	1990	238.000
INEFAN (1995)	11.578.000	1995	106.000
FAO (1997)	11.137.000	1995	189.000
WRI (2003)	10.390.000	2000	135.070
CLIRSEN (2003)	11.679.822	2000	198.092 (1991-2000)
EC JRC GVM (2000)	11.410.269	2000	-

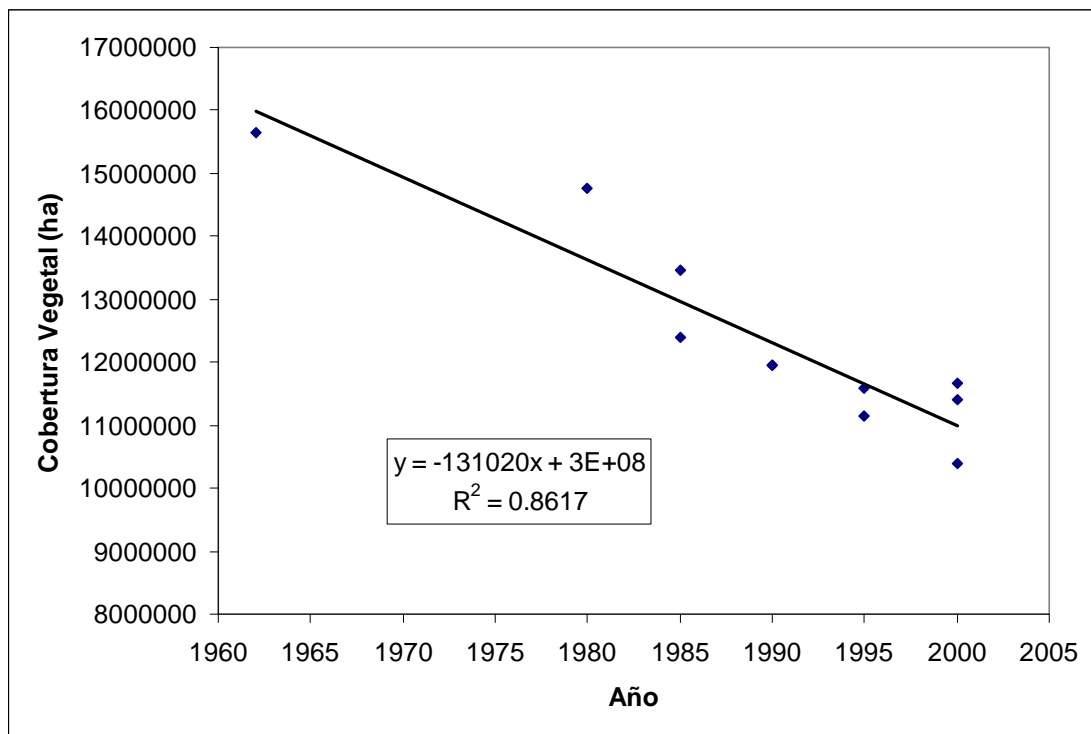


Figura 1. Estimado de cobertura forestal (obtenido a partir de la Tabla 1) que muestra el año de estimación versus el área de cobertura forestal.

La deforestación anual estimada (Figura 2) tiene mayor variación en las últimas cuatro décadas comparadas con los estimados de cobertura forestal (Figura 1). También hay dos puntos de control menos en los datos (Tabla 1). Sin embargo, se puede calcular una línea curva que se adapte y que

muestre las tendencias entre los nueve puntos de control, la cual indica que la deforestación anual fue relativamente baja en la década de 1960, se incrementó en la década de los 80, y está disminuyendo desde 1990 al 2000 (Figura 2).

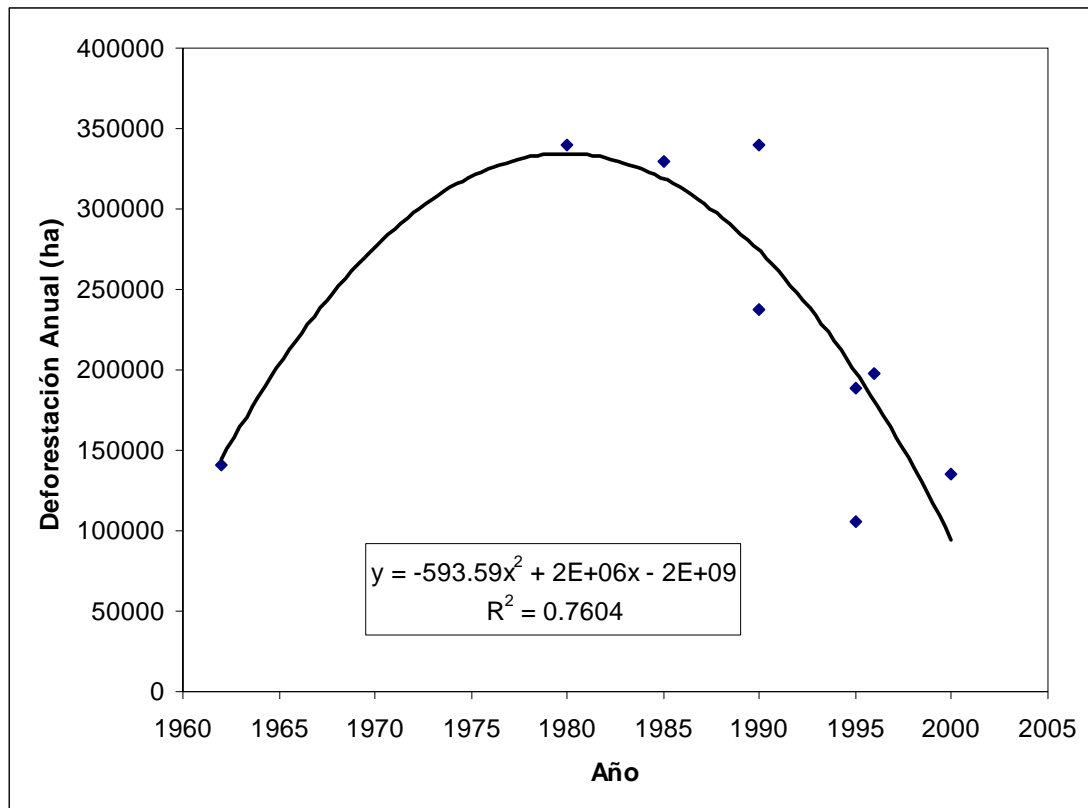


Figura 2. Estimados de deforestación anual (obtenidos a partir de la Tabla 1) que muestran los años de los estimados versus la deforestación anual.

Recientemente la EC-JRC-GVM terminó un Proyecto de Cobertura de Terreno Mundial para el año 2000 (GLC 2000, por sus siglas en inglés).¹¹ El proyecto recolectó imágenes diarias de 1 km de resolución mediante el satélite SPOT 4 de Francia durante 14 meses. GLC 2000 empleó las definiciones y umbrales del Esquema de Clasificación de Cobertura de Terreno (LCCS, por sus siglas en inglés) de la FAO.

El mapa de cobertura del suelo de GLC 2000 para el Ecuador (Figura 3) reporta 11.410.270 hectáreas de bosque en el 2000. De acuerdo con el mapa de GLC 2000, el bosque comprendía el 46% de la cobertura del suelo en el Ecuador (Tabla 2) para el año 2000. Este estimado es muy similar al de CLIRSEN que reporta 11.679.822 hectáreas de bosque en el Ecuador en el año 2000. El hecho que ambas agencias midieran cantidades de cobertura forestal similares empleando diferentes satélites y esquemas de clasificación confirma que los sensores remotos proporcionan estimados que son muy similares.

La cobertura forestal en el 2000 es más amplia en la región este del Oriente comparada con la región costera al oeste del país (Figura 3). Originalmente la parte sur de las llanuras costeras fue cubierta por bosque (Wunder, 2003), donde ahora el mapa de cobertura del terreno de GLC 2000 muestra agricultura extensiva. Las zonas costeras centrales y noroccidentales también son clasificadas como agricultura, con cobertura forestal restringida a Esmeraldas y partes de provincias adyacentes.

¹¹ La responsabilidad legal de GLC 2000 se encuentra disponible en: http://europa.eu/geninfo/legal_notices_en.htm.
 ©European Communities, 1995-2008

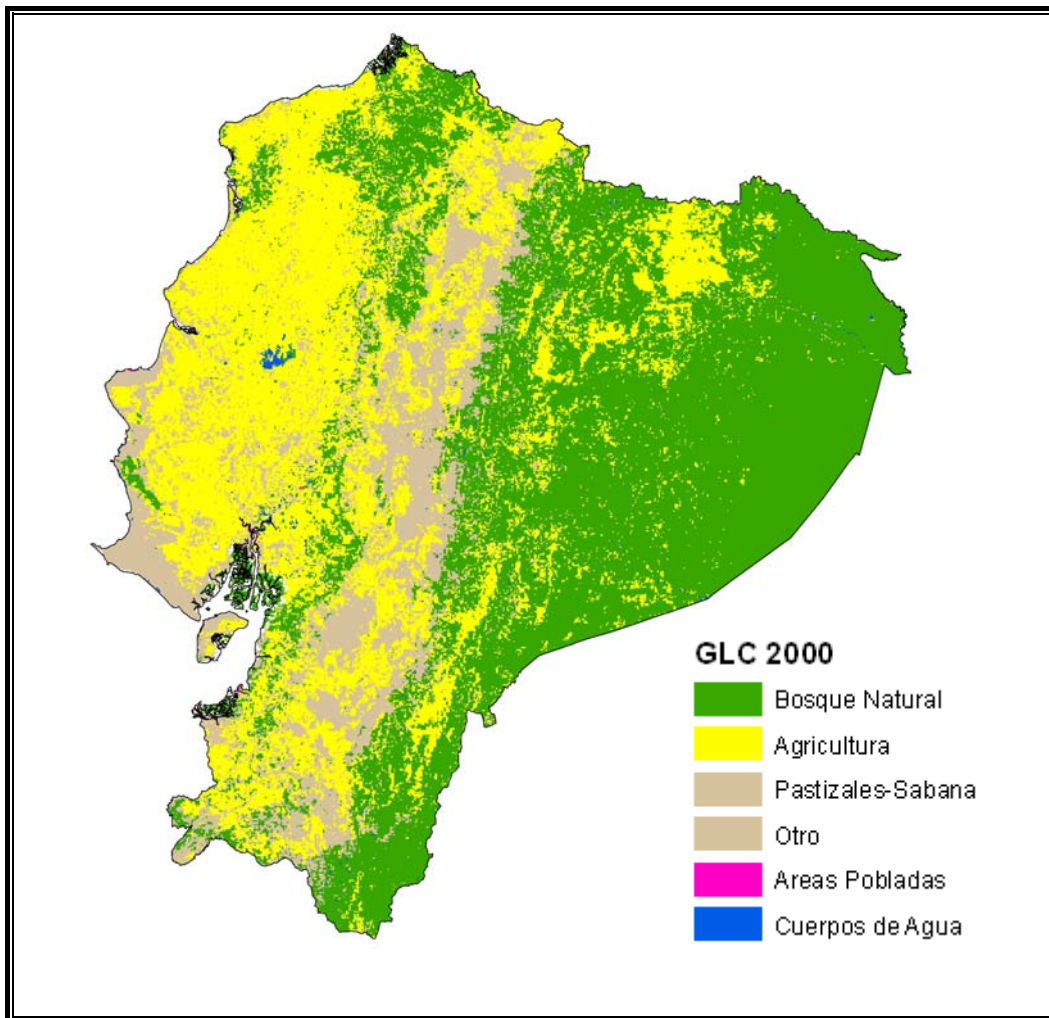


Figura 3. Mapa de cobertura y uso generalizado del suelo de GLC 2000 en el Ecuador que muestra un desarrollo agrícola extenso del terreno a lo largo de la región costera occidental comparado con el Oriente.

Tabla 2. Estadísticas de Cobertura del Suelo de GLC 2000 para el Ecuador

Clase	Hectáreas	Porcentaje
Bosque	11.410.270	46,1%
Agricultura	8.701.058	35,2%
Pastizales-Sabana	1.615.687	6,5%
Otro	2.935.091	11,9%
Urbano	6349	<0,1%
Agua	60047	0,2%

*recopilado del mapa de clasificación original

Deforestación en el Oriente

CLIRSEN utilizó imágenes satelitales con una resolución de 30 metros para desarrollar un mapa digital de cobertura del suelo en el Oriente para el año 2000 (CLIRSEN, 2003; Figura 4). Este mapa de mayor resolución proporciona información forestal y agrícola más detallada comparada con el mapa

mundial de GLC 2000. El mapa muestra que en el 2000 la expansión de la agricultura se extiende desde la zona sur a la zona norte en el Oriente.

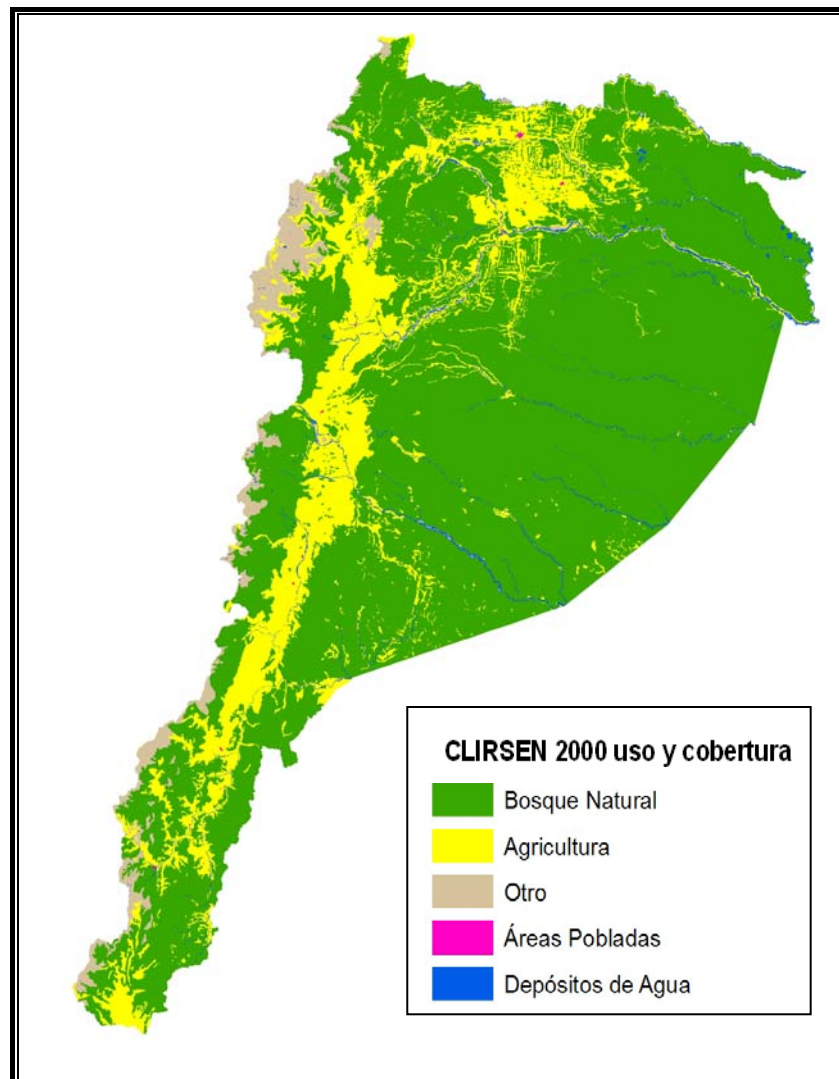


Figura 4. Mapa de cobertura y uso generalizado del suelo en el Oriente preparado por CLIRSEN 2000 que muestra con mayor detalle el desarrollo agrícola y los bosques naturales comparado con el mapa de cobertura del terreno de GLC 2000.

CLIRSEN también recopiló mapas regionales de inventario forestal para los años 1982-1986 generados en las provincias del Oriente utilizando fotografías aéreas de los años 1981-1985 para crear un mapa de cobertura del suelo para 1985 (Orellana, 2007; CLIRSEN, 1991). Este mapa de cobertura del suelo del año 1985 puede ser comparado con el mapa de cobertura del suelo del año 2000 para medir los cambios en el uso del suelo, en particular, la cobertura forestal en el Oriente durante un periodo de 15 años. Además, Orellana (2007) y Wunder (2003) calcularon el cambio desde 1965 a 1985, asumiendo que la deforestación era mínima en el año 1965.

Las estadísticas sobre el número de hectáreas fueron obtenidas de los mapas de cobertura del suelo. Para este informe, las estadísticas sobre el uso del suelo del bosque y la deforestación en el Oriente para los años 1965, 1985 y 2000 fueron obtenidas de la recopilación de Orellana (2007) (empleando los datos de CLIRSEN).

1985 - 2000

El bosque en el Oriente cubrió el 83% del suelo en el año 1985 comparado con 76,2% en el año 2000 (Tabla 3). Para el año 2000, CLIRSEN estima que 2.153.900 de hectáreas habían sido deforestadas durante este periodo de tiempo. Nuevamente, el estimado de deforestación es simplemente la diferencia en el área de la cobertura forestal mapeada entre los años 1985 y 2000.

Tabla 3. Estadísticas de Cobertura del Suelo para el Oriente, CLIRSEN 2000
(Orellana, 2007, modificada de la Tabla 5)

Cobertura Forestal de la Amazonía 1985 – 2000				
Tipo de Cobertura	1985		2000	
	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	%
Bosque húmedo	9.594.700	82,99	8.811.200	76,21
Matorral húmedo	96.900	0,84	155.900	1,35
Páramo	217.600	1,88	265.100	2,29
Rios, Lagos y Lagunas	398.300	3,45	175.200	1,52
Areas antrópicas	1.253.800	10,84	2.153.900	18,63
TOTAL	11.561.300	100,00	11.561.300	100,00

Fuente: CLIRSEN 1982 - 1986; Elaboración: B. Toro

Diferentes cantidades de área forestal fueron convertidas a otros usos del suelo en las seis provincias del Oriente entre los años 1985 y 2000. Entre los años 1985 y 2000, Morona Santiago, una provincia sur-central, tuvo la cantidad más alta de deforestación (en hectáreas), seguida por Napo, una provincia del noroeste (Tabla 4). La antigua Concesión Petroecuador-Texaco está ubicada dentro de las provincias de Sucumbíos y Orellana – estas dos provincias experimentaron menos deforestación entre 1985 y 2000 comparadas con Napo y Morona Santiago (Tabla 4).

Tabla 4. Deforestación en el Oriente y Dentro de Cada Provincia (1985-2000),
(Orellana, 2007, modificada de la Tabla 6)

Deforestación de la Amazonía 1985 - 2000				
Provincia	Superficie (Ha)		Deforestación (Ha)	
	1985	2000	Ha	% por Provincia
Sucumbíos	196.400	267.000	70.600	3,9
Orellana	237.400	404.700	167.300	7,7
Napo	136.500	421.300	284.800	22,8
Pastaza	232.000	222.800	-9.200	0
Morona Santiago	241.200	601.200	360.000	15,0
Zamora Chinchipe	210.300	236.900	26.600	2,5
TOTAL	1.253.800	2.153.900	900.100	

Fuente: CLIRSEN 2003; Elaboración: B. Toro

1965 – 1985

La cantidad y tasa anual de deforestación también puede ser estimada entre los años 1965 y 1985 asumiendo que había una cobertura forestal relativamente completa e intacta (sin deforestación) en 1965 en las seis provincias de Oriente (Orellana, 2007). CLIRSEN estimó que 1.253.800 hectáreas de bosque en las seis provincias cambiaron a otro uso del suelo (deforestadas) para el año 1985. En base al área de terreno en cada provincia, la provincia del sur, Zamora Chinchipe experimentó el mayor porcentaje de pérdida de bosque entre 1965 y 1985 (Tabla 5). Aproximadamente del 8 al 20% del área del suelo en cada una de las provincias fue deforestada entre 1965 y 1985.

Tabla 5. Área de las Provincias y Estimado de Deforestación en 1985
(Orellana, 2007, modificada de las Tablas 1 y 4)

Intervención y Porcentaje Total 1965 - 1985			
Provincia	Superficie (Ha)	Deforestación	
		Ha	% por Provincia
Sucumbíos	1.794.700	196.400	10,9
Orellana	2.169.100	237.400	10,9
Napo	1.247.600	136.500	10,9
Pastaza	2.906.800	232.000	8,0
Morona Santiago	2.387.500	241.200	10,1
Zamora Chinchipe	1.055.600	210.300	19,9
TOTAL	11.561.300	1.253.800	

Fuente: IGM 2000; Orellana, 1997 (CLIRSEN, 1982 - 1986; Elaboración: B. Toro; La Provincia de Napo de 1965 fue dividida en las tres provincias actuales).

Wunder (2003) analizó el cambio en la cobertura del suelo entre 1965 y 1984 en las provincias existentes del Oriente. El empleó SUFOREN (1991), la agencia forestal del Ecuador durante ese periodo de tiempo, para los datos de deforestación y SICA (2001) para los datos del área del suelo. De acuerdo con Wunder, las provincias sureñas de Morona Santiago y Zamora Chinchipe perdieron más cobertura forestal durante 1965-1984 como porcentaje del área de la provincia, comparado con las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos (Figura 5).

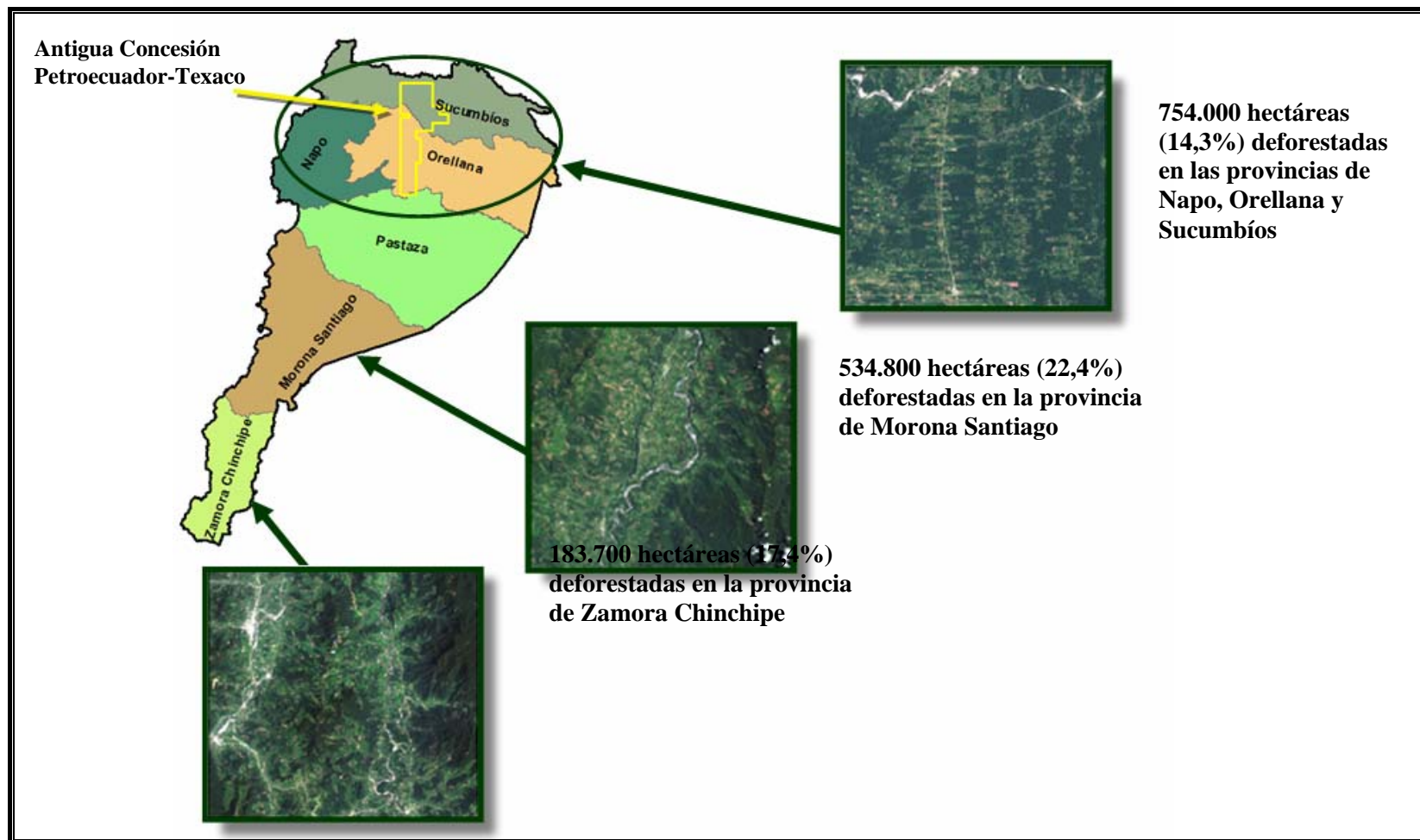


Figura 5. Comparación de la deforestación estimada entre los años 1965 y 1984 en el Oriente (Wunder, 2003) que muestra la deforestación ocurrida en la zona sur y norte del Oriente donde no se produce petróleo, así como también en la zona norte del Oriente. Las imágenes obtenidas de Landsat son ejemplos representativos de la deforestación real en cada provincia.

1965 - 2000

Orellana (2007; Tabla 6) muestra que la mayor cantidad (hectáreas) de deforestación entre los años 1965 – 2000 ocurrió en la provincia sur-central de Morona Santiago. Un alto porcentaje de las provincias de Napo, Morona Santiago y Zamora Chinchipe fueron deforestadas durante el mismo periodo comparado con las provincias de Sucumbíos y Orellana donde estaba ubicada la antigua Concesión Petroecuador-Texaco (Tabla 6).

Tabla 6. Área de las Provincias y Estimado de Deforestación entre los Años 1965 - 2000 (Orellana, 2007, modificada de la Tabla 8)

Intervención Total Para el Año 2000 (1965 - 2000)			
Provincia	Superficie (Ha)	Deforestación	
		Ha	% por Provincia
Sucumbíos	1.794.700	267.000	14,9
Orellana	2.169.100	404.700	18,7
Napo	1.247.600	421.300	33,8
Pastaza	2.906.800	222.800	7,7
Morona Santiago	2.387.500	601.200	25,2
Zamora Chinchipe	1.055.600	236.900	22,4
TOTAL	11.561.300	2.153,900	

Fuente: IGM 2000; CLIRSEN, 2003 y 1982 - 1986; Elaboración: B. Toro

5. Deforestación en la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco

Los mapas de cobertura del suelo desarrollados por CLIRSEN establecen que la deforestación fue mayor en las provincias sur, sur-central y occidental de Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Napo comparados con las provincias de Orellana y Sucumbíos donde estaba ubicada la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Dentro de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco, el 54,4% ó aproximadamente 241.000 hectáreas de cobertura de terreno fue clasificada como agricultura, urbana u otra, por CLIRSEN (2000) tal como se muestra en la Figura 6 y Tabla 7. Estas coberturas de terreno no forestal incluirían la superficie en hectáreas relacionada con la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Tanto FAO (2007) como Orellana (2007) caracterizan estas aproximadamente 241.000 hectáreas como terrenos deforestados.

Tabla 7. Estadística de Cobertura del Suelo de CLIRSEN 2000 para la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco

Resumen de Uso y Cobertura de CLIRSEN 2000 para la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco*		
Clase	Hectáreas	Porcentaje
Bosque Natural	195.737	44,2%
Agricultura	237.997	53,7%
Otros	1.097	0,3%
Urbano	1.794	0,4%
Agua	6.350	1,4%

**recopilado e interpretado del mapa digital de clasificación mediante SIG de CLIRSEN*

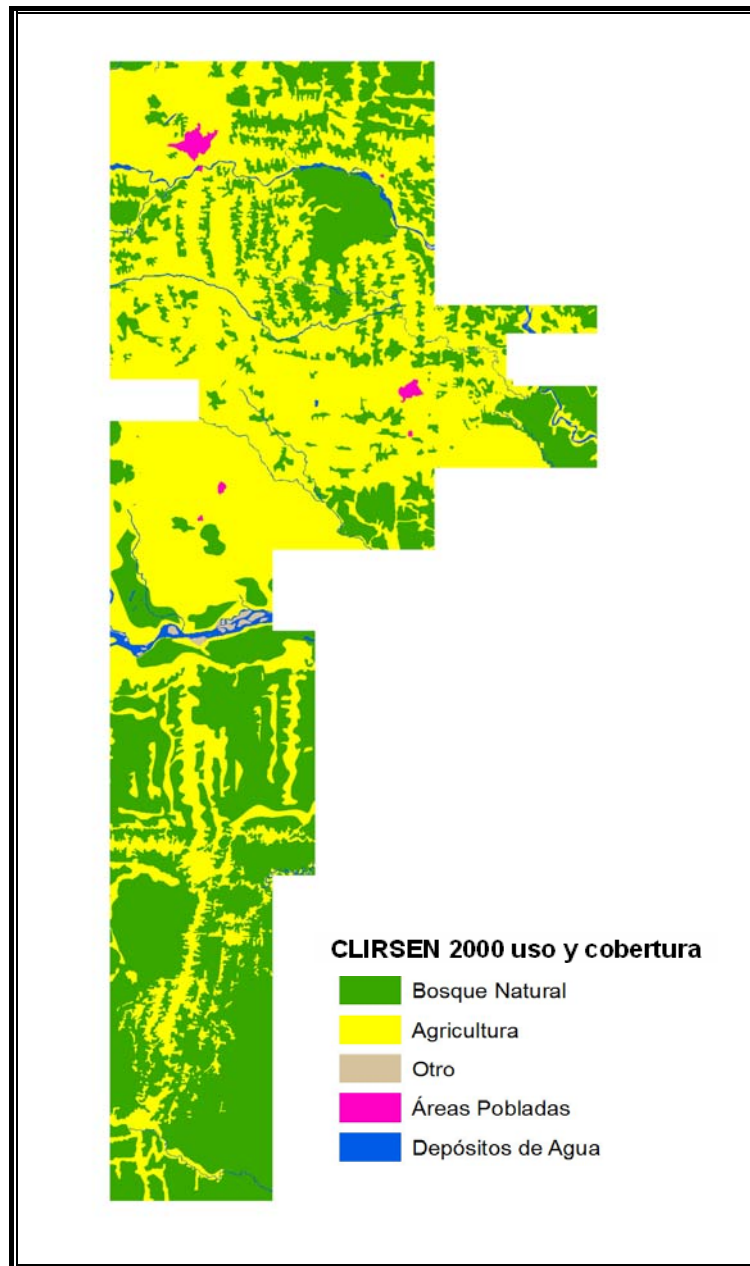


Figura 6. Mapa de cobertura del suelo CLIRSEN 2000 de la antigua Concesión Petroecuador-TEXACO que muestra el uso del suelo y el tipo de cobertura. Nótese que un desarrollo agrícola significativo ha ocurrido en la parte norte-central de la concesión.

Superficie Ocupada por Texpet

Para calcular el número de hectáreas dentro de la antigua Concesión Petroecuador-TEXACO que puede ser atribuido directamente al desarrollo petrolero (carreteras, estaciones de producción y plataformas de pozos), se generaron mapas detallados y cálculos del área con un SIG de la siguiente manera:

Mapeo y Medición de las Longitudes de las Carreteras

Se emplearon los mapas de Texpet preparados en los años 1970, 1974 y 1991; las fotografías aéreas y los mapas topográficos del Instituto Geográfico Militar (IGM) (1975-2001); GPS; e imágenes satelitales IKONOS de alta resolución para identificar y ubicar en forma precisa las carreteras relacionadas con la antigua Concesión Petroecuador-Texaco. Las carreteras que conducen a las zonas de los pozos, a estaciones de producción y que conectan los campos petrolíferos fueron digitalizadas. La longitud de las carreteras fue medida en forma precisa empleando tecnología de mapeo con SIG. Se generó un mapa de la red vial del año 1991. La precisión de los mapas es bastante alta ya que las carreteras, zonas de los pozos y estaciones de producción están claramente trazadas sobre las imágenes y los mapas con vectores de IGM de las carreteras y caminos a través de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco son de alta calidad. La ubicación de varias de las carreteras han sido verificadas empleando GPS diferencial.

Cálculo de Áreas

Fotografías aéreas de alta resolución del IGM (píxeles de 1/4 – 1/2 metro) e imágenes satelitales (píxeles de 1 metro) fueron empleadas para medir y verificar las áreas de la operación petrolera de Texpet: estaciones de producción, plataformas de los pozos, y carreteras, las cuales el Estado Ecuatoriano requería fueran de acceso público. El área de cada una de ellas fue calculada de la siguiente manera:

Estaciones de Producción: Las áreas fueron interpretadas en base a las imágenes del SIG de los años 1975, 1990 y 2004 y las áreas fueron calculadas para cada año.

Plataformas de Pozos: El área promedio de una plataforma de pozo fue determinada al medir el área de 112 pozos mediante imágenes en el SIG. El promedio de estas plataformas de pozos fue de 0,67 hectáreas (desviación estándar +/- 0,5 hectárea), por lo tanto un tamaño muy conservador de 1,25 hectáreas fue aplicado a cada plataforma de pozos petrolíferos en la concesión.

Carreteras: Un ancho estándar de 50 metros (la superficie de la carretera y del oleoducto que transportan el crudo de los pozos a las estaciones de producción, más el derecho de vía) fue asignado a la carretera digitalizada en el SIG. La longitud de las carreteras fue multiplicada por el ancho para determinar el área total de las carreteras.

Resultados

Tabla 8. Superficie Ocupada por la Operación Petrolera en la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco

Superficie Ocupada por la Operación Petrolera en la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco	Área en Hectáreas	% de Concesión
Superficie ocupada por la Producción de Petróleo (Pozos y estaciones de producción)	681	0,15
Carreteras	3734	0,84
Superficie total ocupada (Pozos, Estaciones de Producción, Carreteras)	4415	1,00
Área total de la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco en el año 1982	442.976	

La antigua Concesión Petroecuador-Texaco abarcó 442.976 hectáreas. La superficie ocupada por Texpet abarcó 4415 hectáreas equivalentes al 1% del área de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco (Tabla 8). Las estaciones de producción y las plataformas de los pozos abarcaban 681

hectáreas equivalentes al 0,15% y las carreteras abarcaban 3734 hectáreas equivalentes al 0,85% de la superficie ocupada por Texpet en los años 1990-1991.

El mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000 muestra aproximadamente 241.000 hectáreas deforestadas en la antigua Concesión Petroecuador-Texpet (Figura 6). La superficie ocupada de Texpet de 4415 hectáreas para 1990-1991, correspondía solo al 1,8% de suelos deforestados según el mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000. Por lo tanto, el 98% de la deforestación que ocurrió para el año 2000 dentro de la antigua Concesión Petroecuador-Exxon había sido causado por factores no directamente relacionados con las operaciones de Texpet (estaciones de producción, plataformas de pozos y carreteras).

Las operaciones de Petroecuador han incrementado la superficie ocupada por operaciones petroleras, ya que se han perforado por lo menos 267 pozos adicionales desde que pasó a ser operador de la antigua Concesión (Figura 7; IHS, 2008).

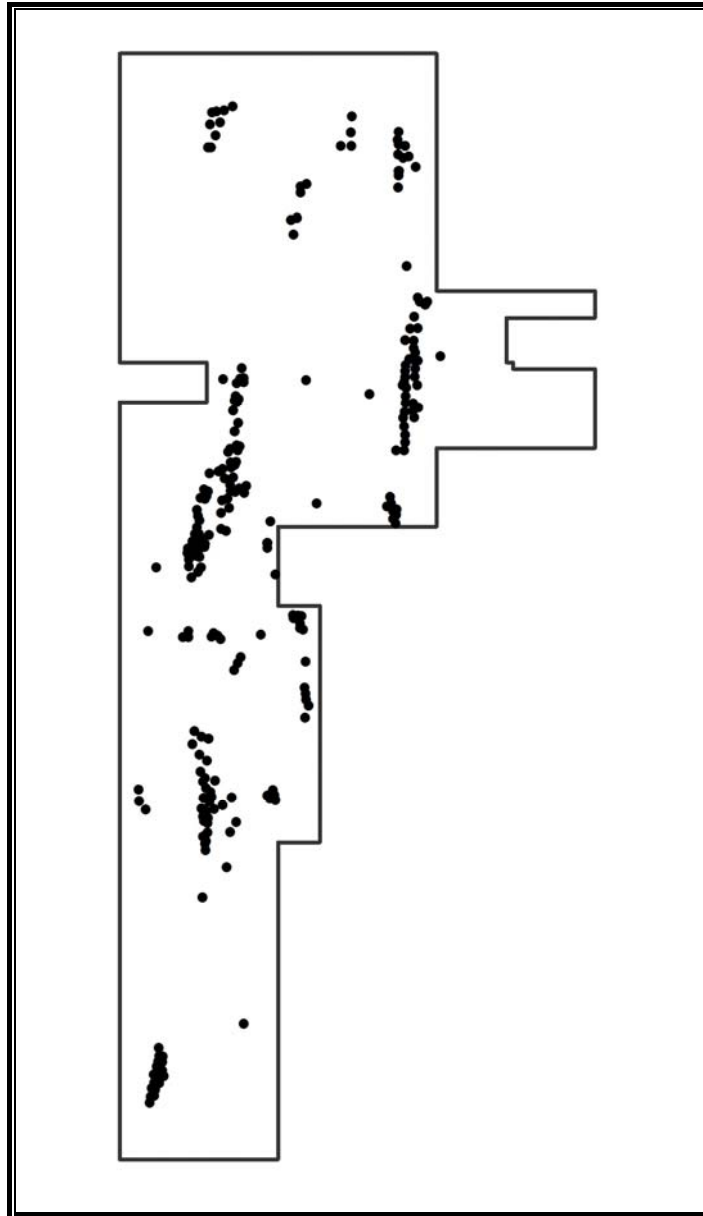


Figura 7. Ubicaciones de los 267 nuevos pozos perforados por Petroecuador después de junio de 1990 dentro de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco, incrementando la superficie ocupada por las operaciones petroleras (IHS, 2008).

6. Factores que Influyen en la Deforestación en el Área de la Antigua Concesión Petroecuador-Texaco

La expansión agrícola que ocurrió en la zona norte del Oriente y en el área de la Concesión Petroecuador-Texaco fue parte del plan de desarrollo del Ecuador como fue tratado por Southgate y Wasserstrom (2008). En las siguientes secciones, se presentan los impactos de las decisiones y políticas del Ecuador en los patrones de deforestación, tal como pueden observarse en imágenes satelitales y fotografías aéreas.

Cesión de la Tierra por el IERAC

Los métodos de asignación de tierras del IERAC ocasionaron que los predios sean adjudicados en lotes delgados y alargados de 250 m por 2000 m, perpendiculares a las carreteras y caminos (Hiraoka y Yamamoto, 1980). Con la intensificación de las áreas pobladas, los caminos conocidos como *líneas* fueron trazados en un mapa y abiertos con una distancia de separación de dos kilómetros y paralelos a la ruta de transporte principal, Figura 8. El grupo de lotes en el lado sin desarrollar de las *líneas* son llamados localmente como *respaldos* (Hiraoka y Yamamoto, 1980). Este patrón de colonización agrícola ocurrió primero en la parte norte de la Concesión Petroecuador-Texaco donde la fertilidad del suelo era mayor, tal como se explica en detalle más adelante. Este patrón puede ser visto claramente en el mapa de clasificación de cobertura del suelo de CLIRSEN para el año 2000 (Figura 6).

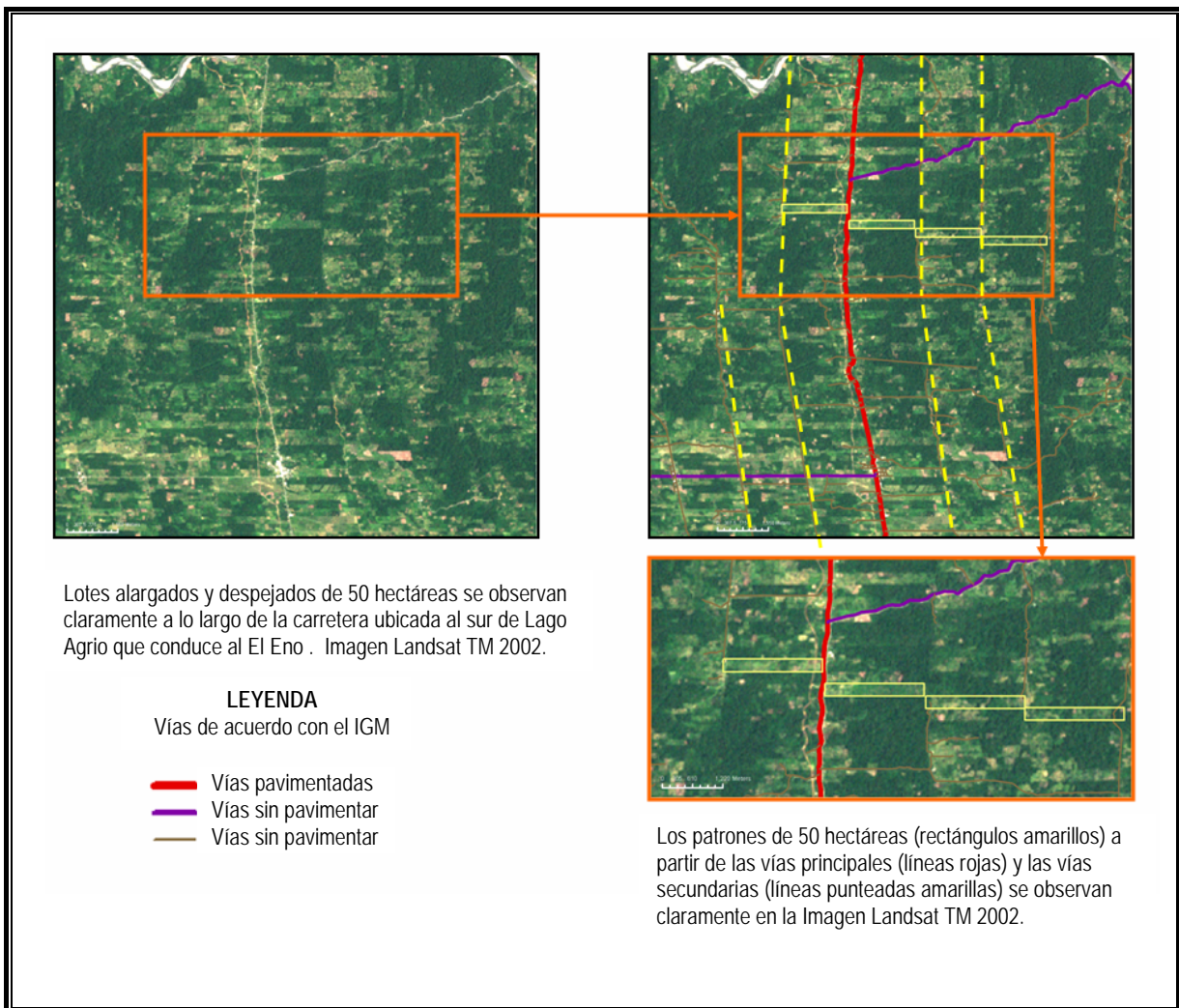


Figura 8. Imágenes satelitales de la carretera al sur de Lago Agrio hasta La Joya de los Sachas que muestra lotes de terreno estrechos de 50 hectáreas que resultan de los métodos de asignación de tierras del IERAC que maximizan el número de predios con acceso directo a las carreteras para permitir el transporte. Este desarrollo puede ser visto como un patrón en forma de espina de pescado en imágenes aéreas y satelitales.

Tipo de Suelo en la Antigua Concesión Petroecuador-TEXACO

Una parte significativa del suelo en la parte norte-central de la antigua Concesión Petroecuador-TEXACO ha sido clasificada en los grupos K1 y K2 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (1983; ver Figura 9). La clase de suelo de K1 es generalmente muy fértil, y apropiada para todos los cultivos, si se siguen las prácticas de manejo adecuadas. La clase de suelo K2 contiene diversos tipos de suelo, generalmente muy fértiles pero con drenaje variable. Los cultivos de subsistencia pueden ser cultivados en las áreas de drenaje favorable. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1983). Otras clases de suelo (Ejemplo: H-1, F-2 y K-6) en la antigua Concesión Petroecuador-TEXACO tienen baja fertilidad (Figura 9).

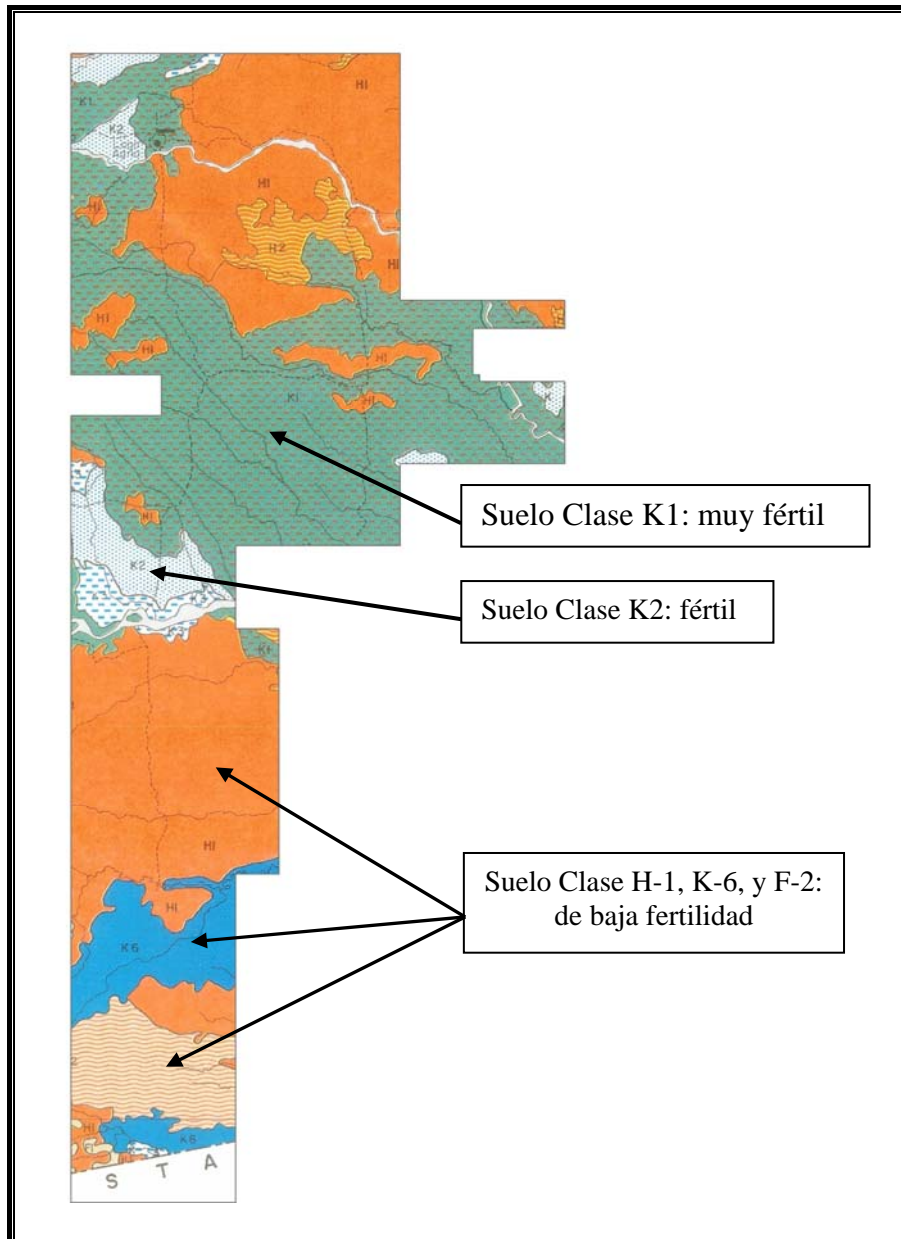


Figura 9. El mapa de suelos que documenta la presencia del suelo fértil (clase K1 y K2) en la zona norte de la antigua Concesión Petroecuador-TEXACO (Ministerio de Agricultura, 1983).

Por lo tanto, la agricultura en los suelos K1 y K2 puede ser más abundante y lucrativa para los agricultores locales comparada con otras áreas, fomentando la colonización y una mayor expansión

agrícola. La deforestación siguió después ya que el bosque fue convertido a uso agrícola y otros usos del suelo.

El mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000 de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco (Figura 6) muestra un desarrollo agrícola significativo en la parte norte central. La preferencia de los agricultores locales por las clases de suelo K1 y K2 se muestra claramente al superponer el mapa de los suelos K1 y K2 sobre el mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN (Figura 10). En base a estos mapas (Figura 10), los suelos K1 y K2 abarcan el 41% de la concesión y fueron deforestados en un 80% para el año 2000. Otros suelos cubren el 59% de la concesión y fueron sólo deforestados en un 37,5% para el año 2000. Los terrenos cubiertos por los suelos K1 y K2 fueron dos veces más probables de ser deforestados comparados con terrenos cubiertos por otros suelos.

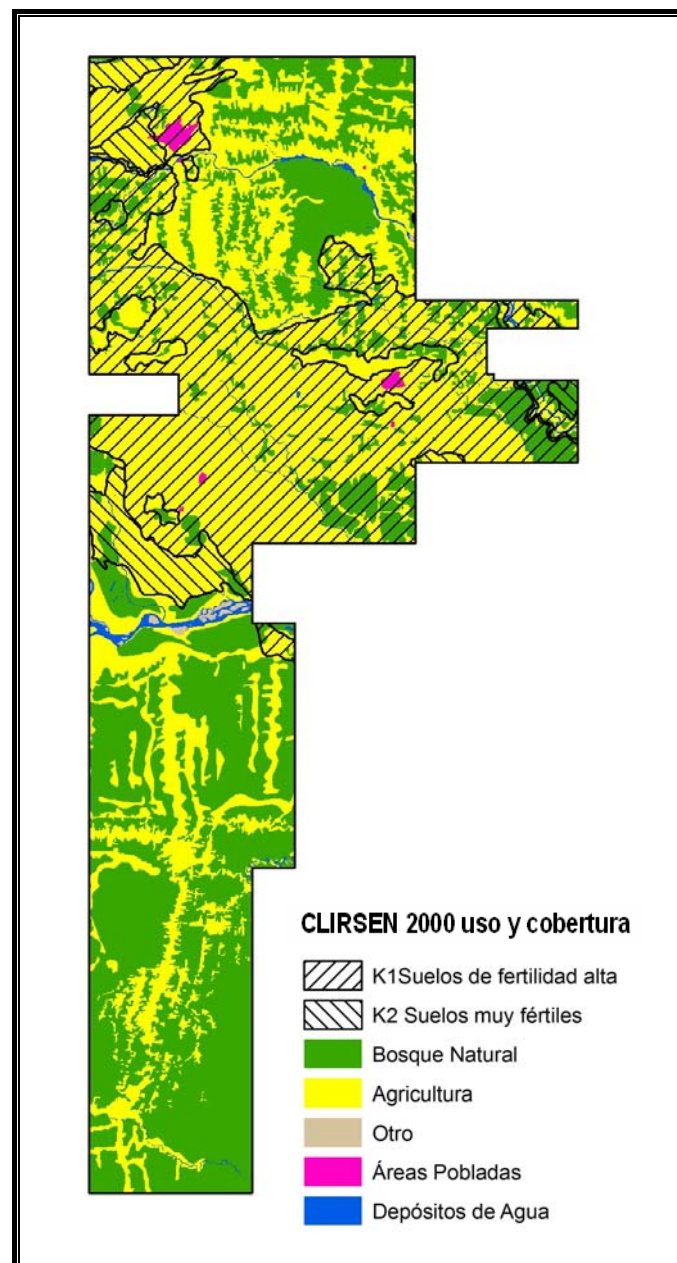


Figura 10. Los suelos fértiles K1 y K2 (indicados con un sombreado de líneas negras transversales) obtenidos del mapa de suelos del año 1983 preparado por el Ministerio de Agricultura (Figura 9) coinciden con el mapa de cobertura de terreno agrícola (color amarillo) cuando es superpuesto sobre el mapa de cobertura del terreno de CLIRSEN 2000 de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.

Cesión de Terreno a Grupos Indígenas

En las zonas donde el terreno ha sido asignado a grupos indígenas, la expansión agrícola y la deforestación resultante ha sido limitada (Figura 11). Por ejemplo, en la antigua Concesión, el Estado Ecuatoriano cedió 9751 hectáreas a los Cofán en 1977 y 15043 hectáreas a los Siona-Secoya en 1979 y 1987 totalizando 24.794 hectáreas. Aproximadamente 17762 hectáreas de este terreno cedido estuvieron dentro de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco (Figura 11). Veinte años más tarde el mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000 (Figura 11) muestra que la tierra asignada a estos grupos indígenas todavía tiene bosques extensos que presentan mínima deforestación.

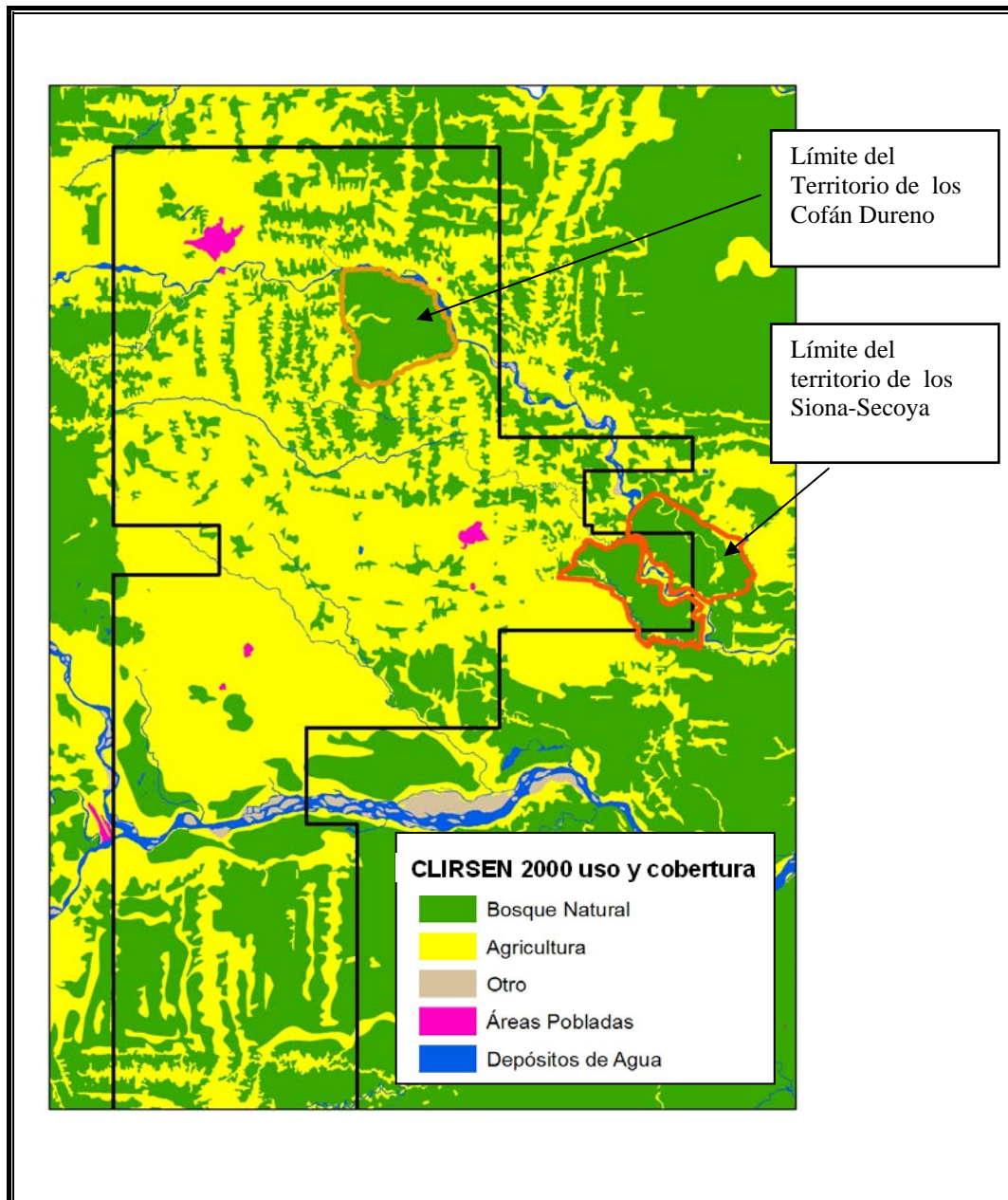


Figura 11. Mapa de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000 de la zona norte de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco que muestra el terreno asignado a los Cofán y a los Siona-Secoya en la década de los años 70 y que conserva un área significativa de bosque 20 años más tarde.

7. Expansión Agrícola y Acceso a la Tierra

Cuando el Estado Ecuatoriano ha establecido políticas para controlar el acceso a la tierra en el Oriente, la expansión agrícola y la deforestación resultante han sido limitadas en los bloques petroleros. Tres ejemplos de acceso controlado dentro del área de desarrollo petrolero en el Oriente son el Bloque 14, el Bloque 16 y el Bloque 10, que fueron desarrollados por Repsol, Maxus y ARCO, respectivamente (Figura 12). En estos casos, el acceso ha sido controlado para impedir la colonización y expansión agrícola por lo tanto, el desarrollo petrolero ha ocurrido con pocos cambios en el uso del suelo que ocasionan la deforestación. La cantidad de suelo que no corresponde a bosque puede ser estimada dentro de cada bloque sumando la superficie en hectáreas de terreno (agricultura, áreas pobladas, etc.) mostrada en el mapa de cobertura del suelo del Oriente de CLIRSEN 2000.

El mapa de cobertura de suelo de CLIRSEN 2000 para el Oriente clasificó las áreas *sin* bosque (CLIRSEN, 2003) en las siguientes clases:

Áreas Pobladas	Cultivos Agrícolas perennes
Asociaciones Agropecuarias	Suelos desnudos
Chaparro	Vegetación de Páramo
Pastos	Depositos de Agua
Cultivos Agrícolas de ciclo corto	Glaciales y Nieve

Las diez clases de cobertura de terreno de CLIRSEN fueron combinadas en cuatro clases en la Figura 12 para mayor claridad en la presentación.

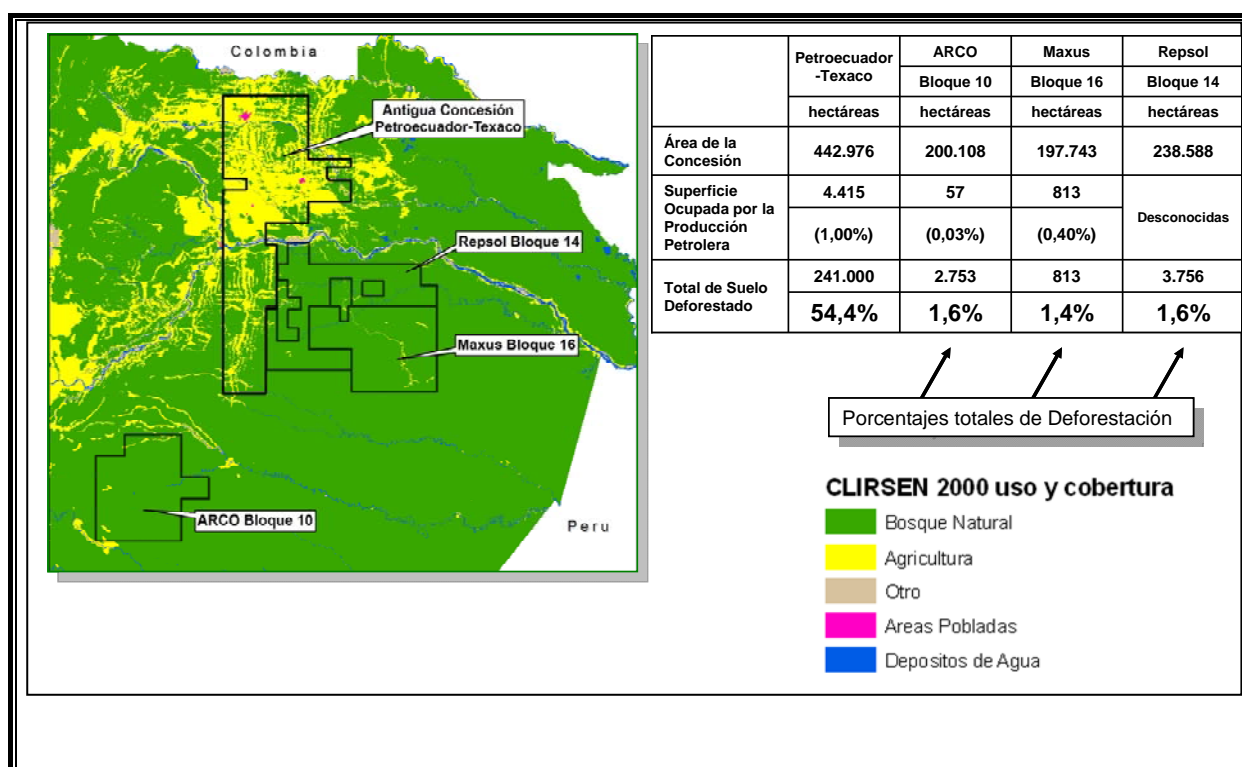


Figura 12. Ejemplos de acceso controlado que disminuye significativamente la deforestación en las concesiones de los Bloques 10, 14, y 16. Las concesiones son trazadas en color negro y superpuestas sobre el mapa de clasificación de cobertura del suelo de CLIRSEN 2000, en comparación con un acceso no controlado en la antigua Concesión Petroecuador-Texpet que ha resultado en excesiva deforestación.

El desarrollo petrolero en el Bloque 10 fue realizado sin la construcción de nuevas carreteras. Todos los equipos y el personal fueron movilizados empleando carreteras fuera del bosque, aeronaves o a pie (Schulze, 1996). La sísmica y los pozos de exploración fueron desarrollados entre los años 1988 y 1993. El plan de desarrollo de ARCO/AGIP para el Campo Petrolero Villano del Bloque 10 fue aprobado por el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador en el año 1998. El Bloque 10 ha experimentado solo el 1,6% de deforestación durante las últimas dos décadas desde que empezó la exploración. Esto se debe a que no se están construyendo nuevas carreteras y el acceso aparentemente está siendo controlado efectivamente con este plan de desarrollo de campos petroleros aprobado por el Estado Ecuatoriano. En la Figura 13 se observa detalladamente el plano de cobertura del suelo en el Bloque 10 para el año 2000.

Entre los Bloques 14 y 16 se construyó una carretera con el fin de desarrollar la producción de petróleo, pero el acceso a esta carretera ha sido controlado en el Río Napo y ningún terreno ha sido separado ni cedido a los colonos. MEI (Maxus), la compañía que desarrolló el Bloque 16, coordinó con el Estado Ecuatoriano y las tribus indígenas establecer un sistema de control para excluir de la zona a aquellos que no vivían o no tenían autorización para trabajar en el área del proyecto (Hutton y Skaggs, 1995). La ruta y el diseño escogidos requirieron que la carretera y las tuberías crucen el Río Napo mediante barco o lancha y no por medio del puente, con el fin de impedir a los colonos el fácil acceso al bosque tropical. Sólo se permitió a los trabajadores con documentos de identificación personal y a los residentes de las tribus (verificados por un censo) cruzar el río Napo en barco (Hutton y Skaggs, 1995). Debido al acceso controlado a la carretera, este bloque ha experimentado solo el 1,4% de deforestación durante los últimos 14 años de desarrollo (1994 – 2008). En la Figura 13 se observa detalladamente la cobertura del suelo en el Bloque 13.

En el 2005, la deforestación en el Bloque 14 a lo largo de la carretera fue evaluada empleando imágenes satelitales (Greenberg y otros, 2005). En el Bloque 14, Greenberg y otros (2005) determinaron que la zona donde se produjo la menor deforestación fue en áreas de operaciones de producción petrolífera por Repsol-YPF y cerca de las estaciones de investigación biológica. Por lo tanto, las operaciones petroleras en sí, no ocasionaron un aumento en la deforestación.

La cobertura de bosques es bastante extensa en el año 2000 para los Bloques 10, 14, y 16 (Figura 13) demostrando la efectividad en los acuerdos de acceso controlado con el Estado Ecuatoriano para impedir la deforestación dentro de las concesiones. Contrario al acceso controlado para los Bloques 10, 14 y 16, el Estado Ecuatoriano insistió en que los caminos en la antigua Concesión Petroecuador-Texaco estuvieran completamente disponibles para uso público. Como fue observado por Southgate y Wasserstrom (2008), *“Insistía también en que todos los caminos se quedaran abiertos a los colonos, comerciantes y otros transeúntes, puesto que el acceso a la zona representaba una prioridad nacional.”* Como lo discuten Southgate y Wasserstrom (2008), esta política de abrir los caminos fue parte del plan general del Estado Ecuatoriano para expandir la agricultura en la zona norte de Oriente.

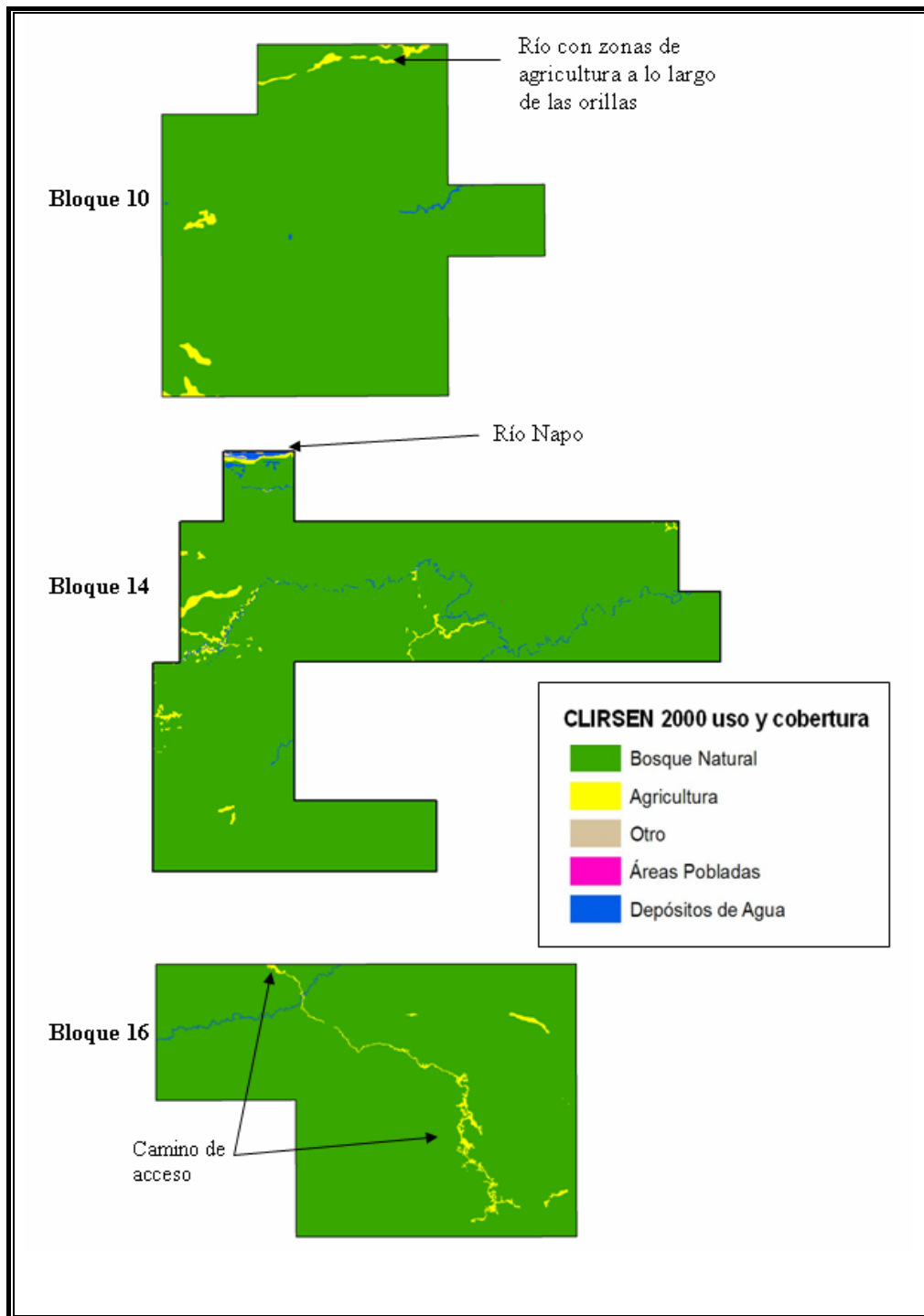


Figura 13. Mapa de cobertura del terreno de CLIRSEN 2000 del Bloque 10 (arriba), Bloque 14 (centro) y Bloque 16 (abajo) que muestra la efectividad del acceso controlado al mantener más del 98% de la cobertura forestal. (La carretera no se observa en el mapa de cobertura del suelo CLIRSEN para el año 2000, ya que los efectos de la deforestación a lo largo de la carretera estuvieron debajo de la resolución espacial del mapa de CLIRSEN (ver Figura 13).)

8. Conclusiones

1. CLIRSEN es la agencia que supervisa el monitoreo de bosques y los cambios en el uso del suelo en el Ecuador. CLIRSEN y otros investigadores determinaron que la cobertura forestal en todo el territorio del Ecuador ha disminuido de 15.6420.000 hectáreas en 1962 a 10.390.000 – 11.679.822 hectáreas en el año 2000.
2. CLIRSEN ha determinado que para los periodos 1965-1985 y 1985-2000, la mayor pérdida de cobertura forestal en el Oriente fue en la provincia sur-central de Morona Santiago. Durante el mismo periodo de tiempo, de 35 años aproximadamente, la provincia de Napo sufrió una mayor deforestación en comparación con las provincias de Sucumbíos y Orellana donde estaba ubicada la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.
3. La antigua Concesión Petroecuador-Texaco abarcaba 442.976 hectáreas. La superficie ocupada por Texpet durante 1990-1991 incluía 681 hectáreas (0,15%) de operaciones de producción (estaciones de producción y pozos) y 3734 hectáreas (0,85%) de carreteras dentro de la concesión (vale la pena mencionar que Texpet fue obligado por el Estado Ecuatoriano a permitir el acceso público de las carreteras). La superficie ocupada abarcó 4415 hectáreas, es decir, el 1% del área de la de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco.
4. La zona norte-central de la antigua Concesión Petroecuador-Texaco se caracteriza por tener suelos de alta fertilidad. Por este motivo, el IERAC destinó estos terrenos para la colonización y expansión agrícola (Southgate y Wasserstrom, 2008). Debido a los requisitos del IERAC para obtener los títulos de las tierras, los colonos convirtieron el bosque en tierras para uso agrícola y para otros usos. Para el año 2000, el uso de los suelos en el 54,4% (aproximadamente 241.000 hectáreas) de la antigua Concesión se clasificaba como agrícola, urbano o de otros usos.
5. En áreas donde el acceso a bloques petroleros ha sido restringido, la colonización y los cambios en el uso del suelo que ocasionan la deforestación son mínimos. Por ejemplo, en los Bloques 10, 14 y 16 del Oriente donde se controló el acceso, la cobertura forestal se conservó en más del 98% para el año 2000, a pesar de que se construyeron carreteras para el acceso a la zona petrolera en los Bloques 14 y 16.
6. La superficie ocupada por las operaciones de Texpet comprendía el 1,8% del terreno *deforestado* en la antigua Concesión Petroecuador-Texaco, cuando se compara con el mapa de cobertura vegetal de CLIRSEN para el 2000. Por lo tanto, el 98% de la deforestación que ocurrió dentro de la antigua Concesión habría sido causada por factores que no están directamente relacionados con las operaciones del Consorcio Petroecuador-Texaco (carreteras, estaciones de producción y plataformas de pozos petroleros).

9. Referencias

- CLIRSEN, 1991, Centro de Levantamientos Integral de Recursos Naturales por Sensores Remotos. Mapa Forestal del Ecuador, Imprenta IGM, Quito.
- CLIRSEN, 2003, Centro de Levantamientos Integrales de Recursos Naturales por Sensores Remotos (2000), Mapa Forestal del Ecuador Continental. Quito.
- CLIRSEN, 2008, Data Clearinghouse and website: www.clirsen.com .
- FAO, 2005, Forest Resources Assessment Programme, “Global Forest Resources Assessment update 2005 – Terms and Definitions”, *FRA Working Paper* 83/E. Rome, 34 p.
- FAO 2007, Validación de 15 Indicadores Priorizados de Sostenibilidad del Bosque Amazónico: Resultados del Proyecto FAO RCT/RLA/3007, El Caso de Ecuador: con Dirección Nacional Forestal: Ministerio de Ambiente y Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), 32 p.
- FAO, 2008, FAO Forestry country profiles (1990, 2000, 2005 for Ecuador): <http://www.fao.org/forestry/site/countryinfo/en/>
- GLC 2000, Global Land Cover 2000 Project, European Commission, Joint Research Centre, GVM GLC 2000: available from <http://www-gvm.jrc.it/glc2000/> .
- Greenberg, J.A., S.C. Kefauver, H.C. Stimson, C.J. Yeaton, S.L. Ustin, 2005, Survival analysis of a neotropical rainforest using multitemporal satellite imagery: *Remote Sensing of Environment*, v. 96, p. 202 – 211.
- Hutton, W.C. y M.M. Skaggs, 1995, Renewable Resource Development in the Ecuadorian Rainforest: Proceedings of the Society of Petroleum Engineers 70th Annual Technical Conference and Exhibit, Denver, USA, 22-25 October, SPE 30684, p. 441 – 454.
- Hiraoka, M. y S. Yamamoto, 1980, Agricultural Development in the Upper Amazon of Ecuador: *Geographical Review*, Vol. 70, No. 4, p. 423-445.
- IGM, 2000, Instituto Geográfico Militar, Mapa Físico de La República del Ecuador, Imprenta IGM, Quito.
- IHS, 2008, Wells Database; disponible en www.ihs.com/Products/IRIS21/wells.htm
- Ministerio de Agricultura y Ganadería Programa Nacional de Regionalización Agraria, Provincia del Napo, Mapa Morfo Edafológico, 1983, 1:500,000 scale.
- Orellana, B.T., 2007, Avance de La Deforestación de Los Bosques Amazónicos del Ecuador: Proceedings of the MONITOREO DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA AMAZONÍA (Monitoring the Amazon Vegetation Cover); July 19 - 20, 2007, Quito, 10 p.
- SICA, 2001. *Ecuador: Uso de la Tierra*, disponible en línea en www.sica.gov.ec. Quito: World Bank and Ministry of Agriculture.
- Southgate, D. y Wasserstrom, R. F., 2008, *Respuesta a las Afirmaciones del Sr. Cabrera en Ralcion a la Deforestación y Supuestas Violaciones de los Derechos Territoriales de Grupos Indígenas en la Amazonía Ecuatoriana* (en “*Respuesta a las Afirmaciones del Sr. Cabrera Sobre Supuestos Daños a las Comunidades Indígenas en el Area de la Concesion Petroecuador-Texaco,*” por B. Bjorkman, D. Southgate, R. Wasserstrom, 2008).
- SUFOREN, 1991. *Diagnóstico: Plan de Acción Forestal, 1991-1995*. Quito: MAG.
- USAID, 2006, USAID/Ecuador Report on Tropical Forests and Biological Diversity, Country Strategy Statement FY 2007 – FY 2012, 83 p., disponible en ecuador.usaid.gov/portal/index.php?option=com_docman&task=down&bid=4
- Wunder, S. 2003, *Oil Wealth and the Fate of the Forest*: Routledge – Taylor & Francis Group, New York, 432 p.

Dr. James Ellis

Ellis GeoSpatial

1867 Ygnacio Valley Road, #229, Walnut Creek, CA 94598

Tel: 925.280.0720

Fax: 925.280.0720

Web: www.ellis-geospatial.com

E-mail: jellis@ellis-geospatial.com

Educación

Investigación Post-doctorado en National Science Foundation - Rice University (1981-1982)

Ph.D. Doctorado en Geología Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo (1982)

M. A. Maestría en Geología Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo (1978)

B. A. Grado en Geología Universidad de Rochester (1970)

Experiencia

Director (2002 - presente), Ellis GeoSpatial, Walnut Creek, California

Fundó una empresa de percepción remota y sistemas de información geográfica (SIG) para proporcionar soluciones oportunas, enfocadas a la industria y el gobierno. Obteniendo nuevos mapas mediante SIG, línea base ambiental, y mapas de detección de cambios obtenidos por imágenes hiperespectrales y multiespectrales aéreas y por satélite. Geólogo Profesional del Estado de California - Certificado No. 7391.

Facultad Adjunta (2002-presente)

Departamento de Geografía, Diablo Valley College, Pleasant Hill, CA

Geog 160 Introducción a la Percepción Remota

Geog 162 Mapas y Cartografía

Director, Percepción Remota y SIG (1997-2002), The MapFactory, Walnut Creek, California

Dirigió al equipo que adquirió, procesó, integró e interpretó imágenes digitales a nivel mundial tanto aéreas como satelitales. Los proyectos incluyeron países como Mongolia, Nigeria, Papúa Nueva Guinea, Australia, Perú, Tailandia, y Asia Central.

Supervisor/Geólogo del Staff/Geólogo (1985-1997), Chevron Overseas Petroleum, San Francisco, California

Proporcionó apoyo en percepción remota y SIG para la exploración de petróleo y gas de Chevron y las unidades de empresas de producción a nivel internacional. Dirigió e interpretó estudios con radar aéreo en el Congo, Indonesia, Papúa Nueva Guinea, y Colombia. Desarrolló mapas a partir de datos de detección remota a nivel mundial, incluyendo Angola, Nigeria, Namibia, Venezuela, Kazakhstan, Bolivia, y México.

Geólogo del Petróleo (1982-1985), Gulf Oil Exploration and Production Co., Houston, Texas

Profesor Asesor Invitado (1981-1982), Universidad Rice, Departamento de Geología

Afiliaciones

Comité Asesor de SIG-GPS (GIS-GPS Advisory Committee), Diablo Valley College, CA
Sociedad Geológica de América (Geological Society of America) (Presidente – Comité de Desarrollo Profesional 2000-2003)

Sociedad Americana de Fotogrametría y Percepción Remota (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing)

Asociación de Ingeniería y Geólogos Ambientales (Association of Engineering and Environmental Geologists)

Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (American Association of Petroleum Geologists)

Publicaciones

Veinticinco publicaciones en revistas de la industria y varias conferencias profesionales, incluyendo:

2008 Satellite imagery and visualization of the Caicos Platform (P.M. Harris and J.M. Ellis): *in* Developing Models and Analogs for Isolated Carbonate Platforms - Holocene and Pleistocene Carbonates of Caicos Platform, British West Indies, Society for Sedimentary Geology Core Workshop 22, ISBN 978-1-56576-134-6, 16 p.

2005 Hyperspectral Imaging (J.M.Ellis): Earth Imaging Journal, March/April issue, p. 22 – 26.

2004 High resolution satellite imagery for mapping invasive aquatic plants (S. Wiegiersma and J.M. Ellis): Earth Observation Magazine, December, volume 13, no. 8, p. 20 – 24.

2001 Exploring for onshore oil seeps with hyperspectral imaging (J.M. Ellis, H.H. Davis, and J. Zamudio): Oil and Gas Journal, 10 Sept issue, volume 99. 37, p. 49 - 58.

Searching for oil seeps and oil-impacted soil with hyperspectral imagery (J.M. Ellis): Earth Observation Magazine, January 2001, p. 25-28.

Crude findings - remote sensing and GPS aid hyperspectral detection efforts (J.M. Ellis and M.B. Quinn): Point of Beginning, April 2001, p. 28-32.

1999 NASA Satellite Systems for the Non-renewable Resource Sector (J.M. Ellis): Earth Observation Magazine, April 1999, p.46-48.

1995 GeoTechnologies facilitate geologic mapping and field operations in Colombia (J.M. Ellis, W. Narr, P.B. Goodwin, G. Perez): Earth Observation Magazine, February 1995, p. 18-21.

DISTINCIONES:

Conferencista Distinguido por la Asociación Americana de Geología y Petróleo (AAPG, por sus siglas en inglés) (Geología y Medio Ambiente para Operaciones Petroleras Internacionales), 1995-1996.

Premio Conmemorativo Jerald J. Cook a la Mejor Presentación, Novena Conferencia Temática en Geología y Sensores Remotos, Pasadena, 1993.

Premio al Mejor Tercer Documento, Conferencia de la Asociación Nigeriana de Exploración Petrolera, 1992. Lagos, Nigeria.

Certificado de Presidente (División EMD) – Convención Anual del AAPG, 1991.

Premio Presidente (División EMD), Convención Anual del AAPG, 1987