

An activity of the oil industry and its effects on vegetation coverage in the Amazonas state-Brazil

Marelis M. Ruiz¹, Sandra do Nascimento Noda², Eliezer da Silva P.³, Bruno C. Ladeira⁴, Janiffe Peres de Oliveira⁵

¹Centro de Ciencias del Ambiente, Universidad Federal del Amazonas UFAM. Manaus, Brasil; Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Zulia.

Maracaibo, Venezuela, marelisruiz7@hotmail.com.

²Centro de Ciencias del Ambiente UFAM, Núcleo de Estudios Rurales y Urbanos Amazónicos. snoda@ufam.edu.br, nerua@ymail.com.

³Directoría Financiera Bemol. eliezerpinto@bemol.com.br

⁴Seguridad, Medio Ambiente y Salud Petrobras, UN-AM. brunoladeira@petrobras.com.br.

⁵Programa Doctorado en Biotecnología UFAM. janiffepoliveira@hotmail.com
Manaus, Brasil

Abstract

The objective of this research is to identify effects in vegetation coverage generated by the activity of the oil industry, and obtain the index of environmental degradation for eight counties of the state of Amazonas-Brazil: Coari, Codajás, Anori, Anamá, Caapiranga, Manacapuru, Manaus, and Iranduba. The survey was conducted during the period of dry hydrological. The detection of alterations in vegetation coverage was made possible through the analysis of radar images of satellite RADARSAT-1 and for determination of ID degradation index, were used biological indicators, economic and demographic, using the method of factor analysis with Principal Component decomposition, based on the application of SPSS software. The level of deforestation in the counties as a consequence of oil industry activity was 64.9 km² of type dense ombrophyllous forest; of which Coari has 61 %, Manaus 15%, Anamá 8%, and Codajás 7%. The average ID was 1.09%, the counties with highest ID were Coari and Iranduba with 1.56%, followed by Manaus with 1.48%, the counties with lowest ID were Anori with 0.17% and Caapiranga with 0.6%. By 2008, 97% of the deforested area of the Coari County had been reforested (Petroleum Province of Urucu).

Keywords: deforestation, degradation index, environmental degradation.

Actividad petrolera y sus efectos en la cobertura vegetal en el Estado Amazonas-Brasil

Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar los efectos en la cobertura vegetal generados por la actividad petrolera y obtener un índice de degradación ambiental para ocho municipios del estado Amazonas-Brasil: Coari, Codajás, Anori, Anamá, Caapiranga, Manacapuru, Iranduba y Manaus. Los datos analizados fueron de un período hidrológico de sequía. La detección de alteración en la cobertura vegetal fue efectuada mediante análisis de imágenes del satélite RADARSAT-1 y para la determinación del Índice de Degradación ambiental ID, se utilizaron indicadores biológicos, económicos y demográficos, empleando el método de análisis factorial con descomposición en Componentes Principales, basados en el software aplicativo SPSS. El nivel de deforestación de los municipios, como consecuencia de la actividad petrolera, fue de 64,9 km² de selva tipo ombrófila densa; correspondiendo a Coari el 61%, 15% a Manaus, 8% para Anamá y

7% a Codajás. El ID promedio fue de 1,09%; los municipios con mayor ID fueron Coari e Iranduba con 1,56%, seguido del municipio Manaus con 1,48%, los de menor ID fueron Anori con 0,17% y Caapiranga con 0,6%. Hasta el año 2008, el 97% del área deforestada del municipio Coari fue reforestada (Provincia Petrolera de Urucu).

Palabras-clave: deforestación, índice de degradación, degradación ambiental.

Introducción

La selva amazónica está cada vez más valorizada, a medida que avanza el conocimiento científico acerca de las causas y consecuencias de la degradación ambiental [1]. En las últimas décadas es cada vez mayor la preocupación por el mantenimiento y la gestión adecuada de los ecosistemas amazónicos, esto se debe principalmente a un aumento en el nivel de conciencia pública sobre el papel de esta región para el equilibrio ambiental [2].

El rápido ritmo al que se ha producido el cambio climático ha atraído la atención de muchos investigadores de todo el mundo, y han alertado sobre el hecho de que la destrucción masiva de los últimos grandes bosques tropicales pueden contribuir aún más a los cambios climáticos [2].

A pesar de la exuberante y rica diversidad biológica de la Amazonia brasileña, es preocupante los altos niveles de deforestación ocurridos en las últimas décadas, que según los datos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales INPE, para el año 2008 el nivel de deforestación estimado para la Amazonia Legal Brasileña fue de 11968 km² [3].

Los actores y fuerzas que conllevan a la deforestación en la Amazonia brasileña, varían con el tiempo y entre diferentes partes de la región. En general, los medianos y grandes agricultores representan la gran mayoría de la actividad de tala de árboles, pero los pequeños agricultores también pueden actuar como fuerzas importantes en los lugares donde se concentran [4]. Por otra parte, la exploración de petróleo y gas desarrollada por la empresa Petrobras en el Estado Amazonas, exige la deforestación y la apertura de espacios abiertos en la selva para poder cumplir diferentes objetivos operacionales, y el reforestamiento realizado ha sido muchas veces lento e insatisfactorio, a pesar del grande esfuerzo y elevado costo involucrado [5].

Pocos estudios en Brasil han cuantificado el nivel de degradação ambiental de una región, y en especial aquellas ocasionadas por la actividad petrolera, específicamente en la cobertura vegetal [6, 7]. En la región norte de Brasil, específicamente en el estado Amazonas, el tipo de vegetación tiene una predominancia de selva ombrófila densa [8].

El objetivo de este trabajo es la identificación de alteración en la cobertura vegetal generada por la actividad de la industria petrolera, así como obtener un índice de degradación ambiental para los ocho municipios del Estado Amazonas-Brasil, donde se desarrolla actividad petrolera de manera directa e indirecta.

Material y métodos

El área de estudio abarca los municipios Coari, Codajás, Anori, Anamá, Caapiranga, Manacapuru, Iranduba y Manaus del Estado Amazonas-Brasil, donde la empresa Petrobras desarrolla actividades de manera directa e indirecta de exploración, refinación y transporte de gas y petróleo. El cálculo del nivel de deforestación está basado en datos obtenidos de imágenes del satélite RADARSAT-1; y para el cálculo del Índice de Degradación ambiental ID, se consideraron indicadores biológicos, económicos y demográficos, conjuntamente con análisis multivariada; utilizando el método de análisis factorial con descomposición en Componentes Principales.

Cálculo del nivel de deforestación

Para el cálculo del nivel de deforestación generado por la actividad petrolera, fue realizado el tratamiento de datos, mediante el procesamiento y manipulación digital de las imágenes RADARSAT-1, para extracción de áreas deforestadas, que incluyen: filtraje, georreferenciamiento, remuestreo, mosaico, escalonamiento, clasificación digital y vectorización. El software utilizado para el procesamiento de las imágenes, fue el

PCI Geomatica 10.1. Complementariamente, se utilizaron herramientas de análisis espacial simple (Álgebra de Mapas por Operador Aritmético), disponibles en la extensión ArcGIS (*Spatial Analyst*) versión 9.3.1, a fin de realizar las ediciones vectoriales e integración de los datos.

El monitoramiento de las imágenes de radar, fue posible mediante los servicios técnicos especializados de la empresa Atech “Tecnologías Críticas” (Pertenece a la Asociación de Industrias Aeroespaciales de Brasil-AIAB). Este monitoramiento consistió en dos años de captura de imágenes de manera ininterrumpida del área de los ductos Urucu-Coari y Coari-Manaus, en fecha 02/08/2006 hasta 01/09/2008 [9].

El período hidrológico seleccionado para el análisis fue el de sequía en fecha 21/11/2007 hasta 22/02/2008, porque durante esa época el suelo queda más expuesto mostrando mejor las áreas deforestadas.

Cálculo del índice de degradación

Para estimar el Índice Parcial de Degradación (IPD) asociado a cada uno de los municipios de estudio, se utilizó uno de los procedimientos existentes de análisis multivariada; específicamente, se empleó el método de análisis factorial con descomposición en Componentes Principales, basados en el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences). También se utilizó la propiedad de ortogonalidad de los coeficientes factoriales estimados, destacándose que la ortogonalidad asociada a la matriz de factores no implica necesariamente en la ortogonalidad de los coeficientes factoriales [6,7].

El IPD fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$IPD_i = \left(\sum_{j=1}^n F_{ij}^2 \right)^{1/2}, \text{ con } j = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

donde:

IPD_i : Índice parcial de degradación asociado al i -ésimo municipio en estudio.

F_{ij} : Coeficientes factoriales estimados según el procedimiento de descomposición en componentes principales.

Para el cálculo del Índice de Degradación Ambiental (ID) fue utilizado como medida la pro-

porción de degradación del área de los municipios en estudio. Este cálculo fue realizado en dos etapas, siguiendo la metodología establecida por Silva y Ribeiro [6], Fernandes, Cunha y Silva [7].

Para construir el ID $_i$ asociado al i -ésimo municipio de estudio, se utilizó la siguiente ecuación:

$$ID_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j X_{ij} \right), \text{ con } \sum_{j=1}^n P_j = 1 \quad (2)$$

donde:

P_j : Son estimados por regresión múltiple

IPD_i : Variable dependiente y las variables explicativas son los indicadores utilizados para la construcción del ID.

Para construir el ID, se consideraron en total dos indicadores biológicos, dos económicos y uno demográfico. El indicador biológico está asociado a la degradación de la cobertura vegetal de cada municipio (DECOBV), evaluado por la suma de las áreas con bosques de flora nativa y plantadas, con cultivos perennes y con cultivos temporales, dividido por el área rural total del municipio; y el otro considerado por la deforestación (DEDESM), siendo este factor causado por la actividad petrolera para cada municipio, dividido entre la deforestación total declarada por el INPE [3]. Los indicadores económicos fueron definidos por el valor de la productividad de los cultivos (Degradación del valor de producción vegetal DEVAVE) y de los animales (Degradación del valor de producción animal DEVANI). El indicador demográfico es considerado por la degradación de mano de obra rural (DEMORU), la cuál se relaciona con la capacidad de las áreas con cultivos (perennes y temporales) y pastizales (naturales y plantados) que soporten mayor contingente de trabajadores en las actividades agropecuarias.

Las variables consideradas para calcular los indicadores para cada municipio fueron basadas en la información del último censo agropecuario del año 2006 [10], así como también en los datos generados por el INPE.

Considerando todo lo expuesto, las variables establecidas para determinar los indicadores fueron las siguientes:

- COBVi = cobertura vegetal del i -ésimo municipio, que representa la suma de las áreas con bosques de flora nativa y cultivadas

- mas las áreas con cultivos perennes y temporales, dividido por el área total del i-ésimo municipio en estudio;
- COBVREF = promedio del indicador COBVi de los 8 municipios;
 - DESMi = proporción de deforestación de la cobertura vegetal del i-ésimo municipio, que representa el área deforestada (según INPE) del municipio dividido por el área deforestada por la actividad petrolera en el i-ésimo municipio en estudio;
 - DESMREF = promedio del indicador DESMi de los 8 municipios;
 - VAVEi = valor de la producción vegetal del i-ésimo municipio en estudio dividido por la suma de las áreas con cultivos perennes y temporales;
 - VAVEREF = promedio del indicador VAVEi de los 8 municipios;
 - VANi = valor de la producción animal del i-ésimo municipio en estudio dividido por el área total con pastizales naturales y cultivados;
 - VANIREF = promedio del indicador VANi de los 8 municipios;
 - MORUi = total de la mano de obra empleada en el medio rural del municipio i-ésimo en estudio dividido entre la suma de las áreas con cultivos y pastizales;
 - MORUREF = promedio del indicador MORUi de los 8 municipios.

Com base en las variables citadas, se estructuraron los indicadores para la construcción del IPD y del ID, cuyas definiciones son las siguientes [6, 7]:

- DECOBV: degradación de la cobertura vegetal de cada municipio;
- DEDESM: degradación por deforestación de la actividad petrolera;
- DEVAVE: degradación del valor de producción vegetal;
- DEVANI: degradación del valor de producción animal;
- DEMORU: degradación de mano de obra rural.

- DECOBV (Xi1)=0, cuando $COBV \geq COBVREF$;
- DECOBV (Xi1) = $[1-(COBV/ COBVREF)] * 100$, en los demás casos;
- DEDESM (Xi1) = 0, cuando $DESM \geq DESMREF$;
- DEDESM (Xi1) = $[1-(DESM/DESMREF)] * 100$, en los demás casos;
- DEVAVE (Xi2) = 0, cuando $VAVE \geq VAVEREF$;
- DEVAVE (Xi2) = $[1-(VAVE/VAVEREF)] * 100$, en los demás casos;
- DEVANI (Xi3) = 0, cuando $VANI \geq VANIREF$;
- DEVANI (Xi3) = $[1-(VANI/ VANIREF)] * 100$, en los demás casos;
- DEMORU (Xi4) = 0, cuando $MORU \geq MORUREF$;
- DEMORU (Xi4) = $[1-(MORU/ MORUREF)] * 100$, en los demás casos.

De esta forma, tanto el IPD como el ID se constituyen en índices relativos de degradación, que tienen como referencia los resultados observados en los 8 municipios de estudio.

Resultados y discusión

La Tabla 1 presenta los resultados globales de deforestación generados por la actividad petrolera en los ocho municipios estudiados, incluyendo la recepción de gas con el trayecto del ramal del gasoducto Coari-Manaus. El resultado fue de 64,9 km² de área deforestada de vegetación tipo selva ombrófila densa [8], en el estado Amazonas-Brasil.

Considerando este resultado como una distribución porcentual del aporte de cada municipio en la deforestación generada por la actividad petrolera, en primer lugar está el municipio Coari con 61% de deforestación, por ser el municipio donde se realiza la mayor parte del trabajo de exploración y producción de petróleo y gas natural. Seguidamente se encuentra el municipio Manaus con 15% de área deforestada, considerando solamente como deforestación generada por la actividad petrolera, el área de 9,8 km² que ocupa la refinera Reman [11]. Después encuentra los municipios de Anamá y Codajás con 8% y 7% de nivel de deforestación respectivamente, como

consecuencia de la travesía del gasoducto. Los restantes municipios son considerados de menor impacto porque parte del trayecto del gasoducto fue por áreas deforestadas pre-existentes donde ya se encontraba población humana asentada, según se refleja en imágenes de satélite RADARSAT-1 [9].

La Tabla 2 presenta los datos comparativos entre las áreas deforestadas hasta el año 2008 para cada uno de los ocho municipios estudiados

con relación al área territorial informada por el INPE [3].

La localización geográfica de las áreas de influencia de la actividad petrolera en el municipio Coari son áreas florestales bien conservadas, indicando el hecho que la deforestación existente en los alrededores de las instalaciones petroleras, fue generada por estas operaciones. En este municipio se encuentra la Provincia Petrolera de Uruçu, desde donde salen los ductos de petróleo,

Tabla 1
Resultados globales de la deforestación en los municipios del Estado Amazonas producto de la actividad petrolera

N°	Municipios	N° de Polígonos (dentro de rango 150 m)	Área deforestada (km ²)
1	Coari	3.415	39,43
2	Codajás	322	4,18
3	Anori	0	0,0
4	Anamá	587	5,34
5	Caapiranga	363	2,83
6	Manacapuru	178	2,07
7	Irاندوبا	40	1,25
8	Manaus	-	9,8
Total			64,9 km ²

Tabla 2
Datos comparativos del área territorial y la deforestación debido a la actividad petrolera en los municipios estudiados

Municipios	AT (km ²)	ATD-hasta 2008 (km ²)	ATD (%)	DAP (km ²)	DAP (%)	AD (%) DAP/ ATD2008
Coari	58.834	741,30	1	39,43	0,07	5,31
Codajás	18.940	251,20	1	4,18	0,02	1,70
Anori	5.850	73,30	1	0,00	0,00	0
Anamá	2.474	73,30	1	5,34	0,22	7,28
Caapiranga	9.551	227,60	2	2,83	0,03	1,24
Manacapuru	7.381	713,70	10	2,07	0,03	0,30
Irاندوبا	2.228	450,20	20	1,25	0,06	0,28
Manaus	11.474	1.209,80	11	9,80	0,09	0,81

AT: área territorial del municipio [3]. ATD: área total deforestada [3]. DAP= deforestación por actividad petrolera. AD: área deforestada.

gas licuado de petróleo GLP y gas natural hasta la ciudad de Coari, donde estan localizadas instalaciones para el almacenamiento y un terminal para el transporte de estos productos.

Con relación al impacto de la deforestación como consecuencia del trayecto del gasoducto Coari-Manaus, se considera solamente 4,5 km² de deforestación en el ramal del municipio Coari hasta el límite con el municipio Codajás, a pesar de que existen otras áreas con deforestación, también como consecuencia de la actividad petrolera, pero que eran antiguas, y que también fueron consideradas en el cálculo de la deforestación total. Como resultado se obtuvo un área de 20,17 km² de deforestación en la trayectoria del Gasoducto desde el municipio Coari hasta Manaus (Tabla 3).

El INPE informó un área estimada de 11968 km² de deforestación en la Amazonia brasileña para el año 2008 [3], correspondiendo al estado Amazonas un área de 604 km², representando este valor un aporte de 5% en el área total deforestada de la Amazonia Legal Brasileña.

Los datos originales viabilizan la utilización del Análisis Factorial AF de forma razonable, pues la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (Measure of Sampling Adequacy-MSA) indicó un grado de explicación de 0,508, lo que significa un poder razonable de explicación entre los factores y las variables [12].

El resultado obtenido para la prueba de esfericidad de Bartlett presentó un porcentaje de

Tabla 3
Áreas de deforestación en la trayectoria del Gasoducto Coari-Manaus

Municipios	N° de Polígonos para cálculo de área	Área deforestada (km ²)
Ramal Coari-Codajás	246	4,5
Codajás	322	4,18
Anori	0	0,0
Anamá	587	5,34
Caapiranga	363	2,83
Manacapuru	178	2,07
Irاندوبا	40	1,25
Total		20,17 km²

distribución aproximada Chi-Cuadrado igual a 6,18 con 6 grados de libertad, para un nivel de significancia de 0,799, representando una correlación baja, mas válida para las variables.

Con base en los datos de las variables de cada municipio en estudio y los indicadores económicos, biológicos y demográfico (Tabla 4) y utilizando los coeficientes factoriales obtenidos con el método de análisis factorial, fue posible estimar el IPD basados en la ecuación 1.

Una vez estimado el IPD (Tabla 5) y después de determinar los pesos asociados a cada uno de

Tabla 4
Indicadores por municipios de estudio

Municipios	COBVi	COBVref	VAVEi	VAVEref	VANIi	VANIref	MORUi	MORUref
Coari	0,016	0,078	296,677	470,965	1,580	2.340,47	0,228	0,380
Codajás	0,016	0,078	910,511	470,965	0	2.340,47	0,115	0,380
Anori	0,041	0,078	298,889	470,965	63,291	2.340,47	0,290	0,380
Anamá	0,035	0,078	78,122	470,965	0	2.340,47	0,393	0,380
Caapiranga	0,019	0,078	285,888	470,965	0	2.340,47	0,480	0,380
Manacapuru	0,079	0,078	907,217	470,965	162,844	2.340,47	1,005	0,380
Irاندوبا	0,380	0,078	34,539	470,965	31,943	2.340,47	0,071	0,380
Manaus	0,038	0,078	955,875	470,965	18.464,07	2.340,47	0,455	0,380
Medias	0,078	-	470,965	-	2.340,47	-	0,380	-

Tabla 5
Indicadores e Índices por municipios de estudio

Municipios	DECOBV	DEDESM	DEVAVE	DEVANI	DEMORU	IPD	ID
Coari	79,04	0,00	37,01	99,93	39,88	1,12	1,56
Codajás	79,55	0,00	0,00	100,00	69,60	1,99	1,25
Anori	47,54	100,00	36,54	97,30	23,65	0,71	0,17
Anamá	55,04	0,00	83,41	100,00	0,00	1,85	1,18
Caapiranga	74,77	19,99	39,30	100,00	0,00	1,09	0,60
Manacapuru	0,00	81,34	0,00	93,04	0,00	1,35	0,92
Irlanduba	0,00	82,13	92,67	98,64	81,22	2,02	1,56
Manaus	50,48	47,87	0,00	0,00	0,00	1,96	1,48
Media	48,30	41,42	36,11	86,11	26,79	1,51	1,09
Desvío Padrón	32,38	41,97	36,57	34,88	33,48	0,51	0,50
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,17
Máximo	79,55	100,00	92,67	100,00	81,22	2,02	1,56

los indicadores (Tabla 6), los cuales fueron obtenidos por medio de un análisis de regresión lineal, en que el IPD fue la variable dependiente y DEVANI, DEDESM, DEVAVE, DEMORU y DECOBV fueron las variables independientes, en función de esto se pudo estimar el ID para cada municipio (Tabla 5).

Como puede observarse en la Tabla 5, las dos variables biológicas son las que más influenciaron el IPD y, en consecuencia el ID, lo que puede ser constatado observándose los impactos dados por las elasticidades (Tabla 6). En otros términos, puede decirse que una variación de 1% en la variable DECOBV ocasiona una variación promedio de $-0,03\%$ en el IDP. Por otro lado, una variación de 1% en DEDESM ocasiona una variación promedio de $-0,009\%$ en el IDP, siendo estas las elasticidades más significativas.

Los resultados representados en la Tabla 5 indican que los municipios con actividad petrolera de manera directa e indirecta, poseen un índice de degradación ambiental ID promedio de 1,09%, considerando los cinco indicadores establecidos. Este es un valor bajo comparado a los valores observados para los municipios del Estado Acre, Brasil, que resultó un ID promedio de 30,74% [6]; y para los municipios del estado Minas Gerais, Brasil, resultó un ID promedio de 86% [7].

Tabla 6
Pesos y Elasticidades asociados al IPD

Variables	Pesos	Elasticidades
DECOBV	0,110	$-0,030$
DEDESM	0,391	$-0,009$
DEMORU	0,074	0,024
DEVANI	0,038	$-0,035$
DEVAVE	0,585	0,004

Individualmente, Anori fue el municipio com menor ID de 0,17%, seguido de Caapiranga con 0,6%. Con relación a los municipios de Coari e Irlanduba, estos fueron los que presentaron mayor ID de 1,56%, seguido del municipio Manaus con 1,48% de degradación ambiental. Sin embargo, Coari que es el municipio que presenta mayor área territorial (58834 km²), tiene uno de los menores niveles de deforestación según el INPE [3], de esta manera los indicadores de degradación de la cobertura vegetal (DECOBV=79,04%) y degradación del valor animal (DEVANI= 99,93%) fueron los que mas contribuyeron para que ese municipio presentara el mayor ID. Es de resaltar el hecho de que parte del área deforestada por la actividad petrolera fue recuperada mediante la

reforestación con plantas nativas de la región y, hasta el año 2008, aproximadamente 200 hectáreas ya fueron reforestadas, lo que representa 97% del área deforestada por la actividad de la Provincia Petrolera de Uruçu [13].

Cabe destacar, que a pesar del hecho que la extensión territorial del municipio Iranduba es mucho menor que la del municipio Coari (aproximadamente en 96,2%), la deforestación informada por el INPE es de 20% para el municipio de Iranduba [3], lo cual influyó en los mayores indicadores de degradación por deforestación (DEDESM= 82,13%), degradación del valor vegetal (DEVAVE=92,67%), degradación del valor animal (DEVANI=98,64%) y la degradación de mano de obra rural (DEMORU=81,22%), trayendo como consecuencia un ID de 1,56% para el municipio de Iranduba.

Por otra parte, el municipio Manaus tiene un área territorial de 11474 km² y presenta un nivel de deforestación del 11% [3], el segundo mayor después del municipio Iranduba, siendo los indicadores de degradación de la cobertura vegetal (DECOBV=50,48%) y la degradación por deforestación (DEDESM=47,87%) los que influenciaron en la degradación, generando un ID de 1,48% para el municipio Manaus.

Conclusiones y recomendaciones

El nivel de deforestación en los ocho municipios estudiados del Estado Amazonas-Brasil, generado como consecuencia de la actividad petrolera, fue de 64,9 km² de cobertura vegetal predominante de tipo selva ombrófila densa. Este valor representa el 0,5% de la deforestación de la Amazonia Legal Brasileña para el año 2008.

El índice de degradación ambiental ID promedio para los municipios con actividad petrolera en el Estado Amazonas-Brasil, fue de 1,09%; el cual puede considerarse bajo en comparación con el ID estimado para el Estado Acre de 30,74%; y con el ID de 86% estimado para el Estado Minas Gerais.

Se deben reforzar las políticas gubernamentales con medidas específicas regulatorias y económicas para la conservación, recuperación y uso sustentable de áreas florestales.

Se debe intensificar el control y monitoreo mediante tecnologías de sensoriamiento

remoto, así como la fiscalización ambiental para identificar tempranamente cualquier variación en la cobertura vegetal.

La empresa Petrobras debe intensificar y acelerar el proceso de reforestación en todas las áreas afectadas como consecuencia de la actividad petrolera en la región amazónica.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo y suministro de información de las gerencias de Gas y Energía; Seguridad, Medio Ambiente y Salud (SMS) de la empresa Petrobras, y sobre todo al Centro de Excelencia Ambiental de Petrobras (CEAP), pertenecientes a la Unidad de Negocios Amazonas UN-AM, Brasil. Se agradece también a la empresa Atech "Tecnologías Críticas" por el apoyo y procesamiento de imágenes del satélite RADARSAT-1, para obtener los resultados alcanzados.

Referencias bibliográficas

1. Fleischfresser, V. Amazonia, Estado y Sociedad. Campinas, SP: Almacén del árbol (2006) 106.
2. Pereira, H. Biodiversidad: La Biblioteca de la Vida en: RIVAS, A. Y FREITAS, C. E. C. (Orgs.) Amazonia: Una perspectiva interdisciplinaria. Manaus: Editora de la Universidad del Amazonas (2002) 271.
3. INPE Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales. Monitoramiento de la cobertura florestal de la Amazonia por satélites. Sistemas Prodes, deter, degrad y quemadas 2007-2008. Coordinación general de observación de la tierra. San José de los Campos (2008) 47.
4. Fearnside, P. M. Deforestación en la Amazonia: dinámica, impactos y control. Acta Amazónica, Manaus. Vol. 36, N° 3 (2006) 395-400.
5. Ezawa, H. K. H.; Leal, F., N; Sena, J. S. Modificaciones en las características bióticas y abióticas en el decorrer del proceso sucesional de áreas degradadas en Uruçu/AM. En: 1° Congreso Internacional Piatam-Ambiente, Hombre, Gas y Petróleo. Cenpes. Manaus, Editora de la UFAM (2005) 252.

6. Silva, R. G.; Ribeiro, C. G. Análisis de la degradación ambiental en la Amazonia Occidental: un estudio de caso de los municipios de Acre. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília. Vol. 42, N° 1 (2004) 91-110.
7. Fernandes, E. A.; Cunha, N. R. da S.; Silva, R. G. da. Degradación ambiental en el estado de Minas Gerais. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília. Vol. 43, N° 1 (2005) 179-198.
8. Lima, M. I. C. De. Proyecto RADAM: una historia Amazónica. Belém: Paka-Tatu (2008) 132.
9. ATECH. Fundación Tecnologías Críticas. Petrobras. Extensión del monitoramiento de la deforestación en las áreas de influencia de los ductos Urucu-Coari y Coari-Manaus. Informe Final (2008) 112.
10. Instituto Brasileño de Geografía y Estadística. IBGE. Censo Agropecuario. N° 3, Rio de Janeiro (2006) 265.
11. PETROBRAS. La saga del petróleo en la Amazonia. El desafío de producir oro negro en la Amazonia. Manaus. Luz Comunicación, Rio de Janeiro (2008) 36.
12. Corrar, L. J., Paulo, E., Filho, J. M. D. (coord.). Análisis Multivariada: para los cursos de administración, ciencias contables y economía / FIPECAFI-Fundación Instituto de Investigaciones Contables, Actuariales y Financieras; 1 ed., 2 reimpr. San Paulo: Atlas (2009) 541.
13. Leyen, B. C. Eco-eficiencia en la Exploración y Producción de Petróleo y Gas en las Regiones de Selvas Tropicales Húmedas: El Caso de Petrobras en la Amazonia (Tesis para obtener el título de Magister en el Programa de Planificación Energética). Universidad Federal de Rio de Janeiro UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro-Brasil (2008) 202.

Recibido el 12 de Julio de 2011

En forma de revisada el 25 de Junio de 2012