

ANEXO O: EL VALOR DE LAS PÉRDIDAS DE LOS ECOSISTEMAS DE LOS BOSQUES TROPICALES

Por: Equipo Técnico del Ing. Richard Cabrera
como parte del
EXAMEN PERICIAL

24 de marzo de 2008

1 INTRODUCCIÓN

Las operaciones de Texaco en el área de la Concesión ocasionaron pérdidas para el ecosistema del bosque tropical durante muchos años. Por ejemplo, la vegetación del bosque tropical no puede crecer o sólo puede crecer escasamente en áreas como piscinas abiertas, piscinas escasamente cubiertas o áreas de derrame de petróleo. La gran cantidad de kilómetros de vías y caminos dentro de la concesión, los mismos que fueron construidos en la época en que Texpet operó la concesión, también han tenido un impacto grandes áreas del bosque tropical. El anexo N, aborda el tema de la reparación necesaria para eliminar la contaminación de estas áreas, de manera que se pueda restaurar el bosque tropical. Sin embargo, en las áreas contaminadas se produjeron pérdidas del ecosistema durante muchos años y esas pérdidas continuarán hasta que se finalice con la reparación y se restaure el bosque tropical. Las pérdidas del bosque tropical en otras áreas, como lo son aquellas donde se construyeron caminos, continuarán indefinidamente. Este anexo calcula el valor en dólares de las pérdidas del ecosistema que se produjeron en el tiempo debido a las operaciones de Texaco.

2 ENFOQUE

El enfoque utilizado para determinar el valor de las pérdidas del ecosistema en pozos y estaciones es el mismo enfoque utilizado en la bibliografía, así como en muchos casos de alteraciones ambientales en los Estados Unidos. El primer paso es cuantificar la extensión del hábitat del bosque tropical que se perdió. Las pérdidas se estiman en función del área afectada (es decir, en hectáreas), el grado (de gravedad) de las pérdidas y el tiempo durante el cual se produjeron las pérdidas. El grado de las pérdidas se expresa en función del nivel de "servicios" del ecosistema del bosque que el área brinda. Por ejemplo, un bosque tropical intacto brinda un 100% de servicios del ecosistema, mientras que una carretera o una piscina de petróleo abierta brinda 0% de servicios del ecosistema. Las pérdidas se cuantifican a partir del momento en que las pérdidas comienzan hasta el momento en que el área se limpia completamente, y se restauran al 100% los servicios del bosque tropical.

Existen dos métodos diferentes que se utilizan en este documento para determinar el valor económico de las pérdidas. Un método consiste en determinar cuánto costaría restaurar la extensión de bosque tropical que compensaría, con el tiempo, las pérdidas del mismo. Esta

restauración se realizaría además de la limpieza y restauración en otras áreas que lo necesiten, como las piscinas. Al restaurar áreas adicionales del bosque tropical, pueden compensarse los servicios del ecosistema que se perdieron con el tiempo. Por lo tanto, los daños del ecosistema ocasionados en el tiempo constituyen el costo para restaurar la extensión del bosque tropical necesaria para compensar las pérdidas.

El segundo método consiste en utilizar el valor en dólares en que las personas valoran los ecosistemas del bosque tropical. Hay estudios publicados en los que los investigadores determinaron la cantidad de dinero que las personas están dispuestas a pagar para proteger los bosques tropicales, que representa la cantidad de dinero que los bosques tropicales valen para las personas. Este valor puede utilizarse para determinar el valor en dólares de las pérdidas de los bosques tropicales que se produjeron en el tiempo.

Los dos métodos constituyen formas diferentes de darles a las pérdidas de los ecosistemas un valor en dólares. Los dos valores no se suman, sino que son independientes y complementarios.

3 PÉRDIDAS DEL BOSQUE TROPICAL

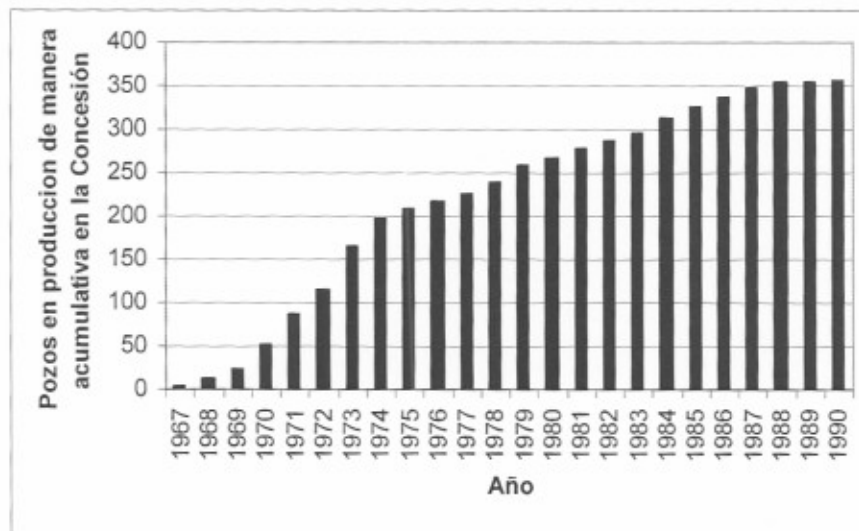
3.1 Pérdidas del bosque tropical por pozos y estaciones

La cantidad de pérdidas del ecosistema del bosque tropical en pozos y estaciones se calcula a partir de los siguientes componentes. Solamente los pozos y las estaciones a cargo de Texpet han sido incluidos en los cálculos.

- ▶ **Piscinas de los pozos.** Asumimos que las piscinas abiertas sufren un impacto completo (brindan 0% de servicios) que inicia en la fecha de construcción de los pozos (las piscinas de las estaciones y las plataformas se incluyen dentro de la categoría "estación"). La figura 1 muestra la cronología de los pozos de producción perforados por Texpet entre 1967 y 1990. Desde ese momento, muchas piscinas se han taponado y están cubiertas de vegetación. Sin embargo, no son tan saludables como el bosque tropical intacto. Asumimos que una piscina cubierta brinda un 25% de los servicios del ecosistema en comparación con un bosque tropical sano. Finalmente, asumimos que todas las piscinas, independientemente de su estado actual, se limpiarán de manera que se pueda restaurar el 100% de la vegetación del bosque tropical intacto nativo. Para simplificar los cálculos, asumimos que todas las piscinas se encontrarán completamente limpias y restauradas para el año 2015.
- ▶ **Plataformas de los pozos.** En general, éstas fueron construidas con piedra y ripio, y se utilizaron para organizar vehículos y equipos. Sobre las plataformas de los pozos no crece virtualmente nada de vegetación. Toda el área de la plataforma implica la pérdida completa de servicios (es decir, brinda 0% de servicios del ecosistema) a partir del año en que se construyó un pozo. También asumimos que esta pérdida completa continuará hasta el año 2050, para dar cuenta de las continuas operaciones en los pozos, y en base al hecho de que no se ha planificado restaurar las áreas de las plataformas de pozos.

- ▶ **Derrames y otras áreas de contaminación.** También hubo muchos derrames de petróleo en los pozos y las estaciones. Durante los años de operación de Texpet, se reportaron cientos de derrames, con miles de barriles de petróleo derramado. Hubo además otros derrames de tuberías y estaciones, y probablemente muchos derrames en pozos que no se informaron oficialmente. Adicionalmente, los pozos se desbordaban y sufrieron fugas que fluyeron hacia las áreas circundantes. La presencia de una alta concentración de petróleo proveniente de las piscinas de los pozos y estaciones se demuestra en las altas concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en los suelos exteriores de las piscinas y estaciones. (Anexo N). Al igual que para la reparación, se asume que el área exterior contaminada de las piscinas representa el 50% del área de las piscinas. Se asume que la cantidad de pérdidas nuevas del bosque tropical ocasionadas por los derrames es permanente durante cada año en que funcionó Texaco desde 1967 a 1990. Se asume que la pérdida es completa (0% de servicios) y que continuará hasta la reparación en el año 2015.
- ▶ **Estaciones.** Las estaciones cubren áreas relativamente amplias, y el hábitat del bosque tropical se eliminó en toda el área dentro de los límites de las estaciones. Se asume que las áreas de las estaciones brindan 0% de los servicios del ecosistema, hecho que comienza en el año en que se construye una estación. La pérdida continuará hasta el 2050 para dar cuenta de las continuas operaciones y en base al hecho de que no se ha planificado restaurar las estaciones.

Figura 1. Cronología de los pozos perforados por Texpet en la Concesión



Finalmente, existen otras áreas del bosque tropical afectadas por la contaminación. Por ejemplo, los mecheros liberan hidrocarburos al aire y, de esta forma, se dispersan a áreas más grandes. Sin embargo, no existe una forma confiable de estimar un área de bosque tropical afectado, por lo que no se incluye este componente.

Mientras más tiempo haya transcurrido desde una pérdida, mayor será la compensación requerida. Este proceso de darle mayor importancia a los impactos en el pasado se conoce como "descarte". El descarte captura la idea de que las personas prefieren tener algo ahora

que en el futuro. Aquí se utiliza un índice de descarte estándar del 3,0% y el año base para realizar los cálculos es el año 2008.

La Tabla 1 presenta el resumen de las pérdidas de bosques “descartados” de las piscinas, plataformas de pozos, derrames y estaciones. Las hectáreas enumeradas en la tabla se utilizan para calcular la cantidad equivalente de bosque tropical que se ve completamente impactado (es decir, que brinda 0% de servicios). Por ejemplo, si 4 hectáreas sufren el impacto y brindan 25% de servicios, esto equivale a 3 hectáreas que brindan 0% de servicios. La cronología de las hectáreas perdidas por año desde 1967 en adelante se incluye en la Tabla 4, en la Sección 5.

Tabla 1: Cantidad de pérdidas del bosque tropical en pozos y estaciones

Área	Hectáreas perdidas (durante 1990)
Piscinas (pozos solamente)	68
Plataformas de pozos	196
Derrames	34
Estaciones	325
Total	623

3.2 Pérdidas del bosque tropical por caminos

Las pérdidas del bosque tropical por caminos se cuantifican en base a la cantidad de caminos construidos en la Concesión hasta 1990. Dos tipos de impactos fueron considerados: las pérdidas causadas por los caminos en sí, y las pérdidas a lo largo de un angosto corredor adyacente a los caminos donde están las cunetas, tuberías y líneas eléctricas. La herramienta utilizada para el cálculo de estas áreas ha sido el mapeo de las vías conducentes a los pozos abiertos por Texpet dentro del área de Concesión hasta 1990, y la sumatoria del total de estas áreas, representadas en hectáreas.

Hasta 1990, existían 1201 hectáreas de caminos dentro de la Concesión (asumiendo que los caminos tienen un ancho promedio de 8m). En la extensión total de hectáreas de impacto directo, no existe cobertura vegetal alguna y sobre el suelo se han construido vías con material de piedra, ripio o asfalto. En estas áreas, existe un impacto completo, es decir, asumimos que los servicios que brinda el ecosistema son del 0%. La pérdida de los servicios del ecosistema en estas áreas se asumen como de carácter permanente, ya que no puede restaurar el ecosistema cuando el suelo está cubierto por los materiales mencionados, ni se pretende reemplazar las vías existentes por un ecosistemas natural.

Se estima que los impactos a lo largo de los corredores ocurren en un área que comprende 15 m. a cada lado del camino. En la extensión total de hectáreas de impacto indirecto, la cobertura vegetal ha sido parcialmente clareada e impactada debido a las actividades humanas para el establecimiento de infraestructura vial, instalación del oleoducto y líneas de transmisión. En estas áreas, asumimos que los servicios del ecosistema remanente, son del 25%. El número total de hectáreas dentro del área de impacto a lo largo del camino es de 4439. Con un 75% de pérdida de servicios del ecosistemas, estas hectáreas equivalen a 3329 hectáreas de bosque tropical con un 100% de pérdida de servicios.

De este modo, el área total de bosque tropical en 1990 con un 100% de pérdida de servicios debido a los caminos es de 4530 hectáreas (1201 hectáreas de los caminos en sí, más 3329

hectáreas a lo largo de los corredores adyacentes). La cronología de construcción de pozos por parte de Texpet entre 1967 y 1990 se ha usado para identificar los kilómetros de caminos correspondientes a cada año (Figura 1). Por ejemplo, para 1974 Texpet había instalado más del 50% del total de pozos instalados entre 1967 y 1990, así que se estima que para 1974 más de la mitad de los caminos de la concesión habían sido construidos. Probablemente esto subestime la cantidad de caminos construidos en los primeros años de la Concesión, ya que muchos caminos tuvieron que ser construidos antes de la instalación de los primeros pozos. De todas formas, esta es una manera útil de estimar los kilómetros de caminos presentes en cada año desde 1967 y 1990. El cronograma de las pérdidas anuales por caminos se ha incluido en la Tabla 5, la cual se encuentra en la sección 5.

4 COSTOS PARA RESTAURAR EL BOSQUE TROPICAL Y COMPENSAR LAS PÉRDIDAS

4.1 Magnitud de la restauración requerida

La primera forma de valorar económicamente las pérdidas del bosque consiste en utilizar el costo necesario para restaurar suficiente bosque y compensar las pérdidas. Se asume que la restauración comenzará en 2010 y que recuperará el 100% de los servicios en 60 años. Los beneficios del ecosistema a partir de la restauración se acumulan durante 100 años hacia el futuro.

A partir de los cálculos descritos anteriormente, un total de 3.525 hectáreas de bosque tropical deben restaurarse para compensar las pérdidas de pozos, plataformas de pozos, derrames y estaciones. La razón por la que la cantidad del bosque tropical por restaurar es mayor que la cantidad perdida (623 hectáreas) es que la mayoría de las pérdidas se ocasionaron en el pasado y los beneficios de la restauración recién se verán en el futuro. Dado que las pérdidas pasadas tienen mayor valor por hectárea, que los beneficios futuros de la restauración, se necesita más restauración. Para los caminos dentro de la Concesión, un total de 26.446 hectáreas deben ser restaurados para compensar las pérdidas de servicios.

Enfoque de la restauración

La restauración tiene que ser considerada en relación a la biodiversidad del sistema. La biodiversidad provee indicadores sobre la condición del paisaje. En otras palabras son los organismos vivos del sistema los que determinan su condición e identidad. El manejo de la tierra es una actividad con potencial para el aumento o disminución de la biodiversidad local. Aunque a escalas amplias, ciertos tipos de uso del suelo afectan tanto a los ecosistemas terrestres como acuáticos, mucho más allá de sus fronteras físicas. Cualquiera que sea la escala, el manejo de la tierra tiene que consistir en una actividad enfocada en atender la conservación de la biodiversidad en hábitat terrestres.

Por lo tanto, la evaluación de los costos de restauración tienen que considerar los fines de cada área que va a ser restaurada y la condición inicial para tal actividad. La actitud de que todos los servicios ambientales locales y globales pueden ser proporcionados por cualquier cobertura de vegetación dominada por árboles, es inapropiada porque un bosque no es sólo una colección de árboles; es también una colección de organismos. Esta visión es

ejemplificada por Sayer y Whitmore (1991) quienes afirman : “la extinción de las especies, desde nuestro punto de vista, es la consecuencia más seria de la tala del bosque tropical porque, aunque las fluctuaciones hidrológicas y climáticas efectuadas por el bosque original pueden ser recreadas por comunidades vegetativas hechas por el ser humano, una vez que se han perdido, las especies desaparecen por siempre.”

Para enfrentar este problema, el enfoque para tratar a las áreas impactadas, donde se ha perdido hasta el 100% de los servicios del ecosistema, es mediante la utilización del proceso llamado “Forestería Análoga”, que es un sistema de cultivo de árboles y plantas que busca establecer un sistema dominado por árboles que sea análogo en estructura arquitectónica y funciones ecológicas a la comunidad vegetativa clímax o sub-clímax. Por lo tanto, el modelo para la recuperación de ecosistemas con Forestería Análoga, es el bosque clímax nativo que existía en el área antes del impacto. Cuando un ecosistema es diseñado para ser análogo a el estado natural clímax, la eficiencia y dinámicas de los procesos naturales pueden ser replicados.

La Forestería Análoga, ayuda a acelerar la madurez de ecosistemas, mediante la identificación de puntos críticos en el proceso de sucesión serial y la introducción de especies correspondientes al sistema maduro, mucho antes de que el sistema pueda adquirir estas especies naturalmente. Por ejemplo, si el movimiento del segundo al tercer estadio serial toma quince años para el desarrollo de especies seriales, al introducir especies producidas en vivero al quinto año, se lograría el establecimiento de este tercer estadio para el octavo año.

En este caso, el objetivo de utilizar la Forestería Análoga para la rehabilitación de los ecosistemas afectados por las operaciones petroleras de Texpet, es acelerar el proceso de sucesión ecológica en las áreas que serán designadas a recuperar los servicios ambientales, estructura y funciones ecológicas del ecosistema original. El tiempo requerido para alcanzar la madurez en ecosistemas naturales variará con el grado de impacto y la proximidad a la madurez del ecosistema. En regiones templadas el re-establecimiento de ecosistemas maduros ha sido registrado en alrededor 50 a 60 años, mientras que para ecosistemas tropicales la tasa de recuperación ha sido registrada ha cerca de 100 – 150 años. Sin embargo, el grado de impacto puede tener un efecto importante como ha sido demostrado por estudios realizados en Costa Rica y Brasil. En este caso, debido al impacto en la compactación del suelo, la recuperación puede ir hasta cerca de 300 años.

4.2 Costos de Restauración

Para la restauración, el control de las malezas y de la capa de raíces es importante con el fin de facilitar el crecimiento de especies fijadoras de suelo y proveedoras de sombra. Por lo tanto, se necesitará un control mediante la aplicación juiciosa de herbicidas y, subsecuentemente, un control manual con otro herbicida en el área que debe ser restaurada. Una vez que se hayan controlado las malezas, se iniciará un proceso de recuperación y enriquecimiento de suelos, mediante la remoción manual o mecánica del suelo y el aporte de abonos naturales.

Una vez que el suelo, se encuentre apto para la recepción de especies vegetales, serán introducidas plantas fijadoras de suelo y nitrógeno, a una tasa de alrededor de 2500 árboles por hectárea. El área necesitará ser desyerbada y mantenida limpia de rastreas

estranguladoras y otras malezas nocivas por un período de tres años, luego de lo cual la sombra proporcionada por las plántulas controlará el crecimiento de hierbas y malezas.

Después del tercer año, se introducirán las especies arbóreas que acelerarán la madurez del ecosistema a una tasa de 1500 árboles por hectárea. Estas van a contribuir al movimiento del sistema hacia un sistema arbóreo secundario, en el 6to año. Durante los años 6 a 8 se introducirán especies de los estadios maduros del bosque a una tasa de 800 árboles por hectárea. Para entonces, se espera que el bosque se encuentre en un estado de madurez suficiente para un mínimo manejo y en condición de moverse naturalmente hacia un estadio clímax. La madurez del ecosistema y recuperación total de los servicios del ecosistema, con este método, tomará un período de alrededor de al menos 30 años adicionales.

La tabla 2 muestra los costos estimados para conducir la restauración. Estos son los costos para restaurar áreas abiertas, tales como campos y pastizales, y convertirlas en un bosque tropical maduro, lo cual representa un aumento en los servicios de ecosistemas del bosque tropical del 0% al 100%.

Tabla 2. Costos de restauración por hectárea

ACTIVIDAD	COSTO EN US \$ / HECTAREAS
Control de malezas	250.00
Preparación del suelo	300.00
Recolección o compra de semillas/plántulas	250.00
Costo de producción primeros árboles @ 5.00	12,500.00
Costo de mantenimiento @100/año	300.00
Costo de segunda plantación @6.00	9,000.00
Costo de mantenimiento @60/año	180.00
Costo de plantación final @8.00	6,400.00
Total	29,180.00

Las actividades que se deben llevar a cabo en el proceso de recuperación del ecosistema, incluyen: inventario de especies presentes en el bosque nativo (presencia y abundancia), control de malezas, preparación y recuperación del suelo (aboneras), establecimiento de viveros, recolección y/o adquisición de semillas, producción y mantenimiento de plantas en vivero, plantación en terreno y mantenimiento de plantas en terreno, y riego. En el número de árboles que se requieren para las plantaciones, se asume que va a haber una pérdida de entre 20-30% del material plantado, debido a causas naturales dentro de los tres años iniciales después de la plantación.

Los insumos que incluyen los costos de restauración son: herbicidas, abonos naturales y biológicos, suelo fértil, material para aboneras, fundas, materiales para construcción de viveros, sistemas de riego, adquisición de semillas (recolección y/o compra de semillas), transporte de plantas a lugar de plantación, herramientas, información técnica/científica. Además, los costos incluyen asesoramiento técnico, coordinación de actividades y mano de obra para las diferentes actividades.

4.3 Conclusiones: Costo de restauración del bosque tropical para compensar las pérdidas

La Tabla 3 muestra los resultados del cálculo del costo para la restauración del bosque tropical que compensará las pérdidas del bosque tropical por pozos, estaciones, y caminos.

Tabla 3. Costo de restauración requerida para compensar las pérdidas del bosque tropical

	Cantidad de bosque tropical perdido (ha)	Restauración requerida para compensar la pérdida (ha)	Costo de restauración (\$/ha)	Costo total de restauración
Pérdidas por pozos y estaciones	623	3525	\$29180	\$102859500
Pérdidas por caminos	4530	26446	\$29180	\$771694280
Total	5153	29971	\$29180	\$874553780

5 VALOR DEL BOSQUE TROPICAL PERDIDO

Una segunda forma de medir los daños ocasionados por la destrucción del bosque tropical es calcular el valor que el bosque tropical hubiera tenido si no se hubieran producido los impactos ambientales. El análisis que se presenta a continuación desarrolla una estimación de los daños a partir de los estudios bibliográficos que estiman el valor del hábitat del bosque tropical. Se desarrolla un valor anual por hectárea de bosque tropical, que luego se multiplica por la cantidad de hectáreas que se perdieron. Ésta es una forma alternativa de calcular el valor monetario de las pérdidas del bosque tropical en pozos y estaciones.

La práctica de utilizar estudios bibliográficos para valorar los cambios ambientales se denomina "transferencia de beneficios". Muchos gobiernos e instituciones internacionales utilizan la transferencia de beneficios para colaborar con las decisiones de políticas públicas (Asian Development Bank 1996; World Bank 1998; Garrod and Willis 1999). La transferencia de beneficios también se utiliza frecuentemente en procesos legales por daños ambientales, y se ha respaldado en los tribunales de los Estados Unidos en los litigios por daños ambientales (Chapman and Hanemann 2001).

El siguiente análisis presenta dos métodos alternativos para determinar la pérdida de valor ocasionada por los impactos en el hábitat del bosque tropical. Ambos métodos se basan en el valor que las personas le asignan al bosque tropical, según lo expresa la disposición de las personas de pagar por la prevención de la destrucción del hábitat del bosque tropical. El primer método aplica valoraciones del bosque tropical por persona únicamente a las poblaciones de ciertos países que exceden un valor específico de ingresos per cápita. Los estudios con mayor disposición para pagar por la recuperación ambiental se realizan en países con ingresos medio o ingresos elevados, de manera que el límite tiene la intención de excluir a los países en los que el ingreso por persona es bajo. El segundo enfoque aplica valores de la disposición para pagar por la recuperación ambiental a personas de todos los países. En ambos cálculos, los valores por persona se ajustan de acuerdo con las diferencias

en ingresos entre los países. Si bien el segundo enfoque puede presentar puntos inciertos con respecto a la extrapolación a las poblaciones de bajos ingresos, presenta una evaluación más integral del valor total de las pérdidas del bosque tropical.

5.1 El valor total del hábitat del bosque tropical

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar estudios que estiman el valor del hábitat del bosque tropical. Se seleccionaron estudios que abordaron el valor total del hábitat del bosque tropical en vez del valor de los servicios específicos del hábitat. El uso de estudios de valor total evita la posibilidad de subestimar el valor al omitir ciertos servicios del hábitat. También evita las complicaciones asociadas con el conteo doble, que pueden generarse cuando se suman los valores específicos de los servicios que no son suficientemente independientes.

Se seleccionaron cuatro estudios para estimar el valor total del hábitat del bosque tropical. Adams y otros (2007) encuestaron a residentes de Brasil para determinar la disposición de las personas para pagar por la preservación del hábitat del bosque tropical cerca de San Pablo. Holmes et al. (1998) evaluó el valor del bosque tropical atlántico en el noreste de Brasil, también utilizando una encuesta a residentes de Brasil. Kramer y Mercer (1997) realizaron una encuesta de residentes de los Estados Unidos para determinar el valor de la preservación del bosque tropical en 57 países tropicales del mundo. Horton y otros. (2003) realizaron encuestas a residentes del Reino Unido e Italia para evaluar el hábitat del bosque tropical en Brasil. Un estudio adicional, Rolfe y otros (2000), también analizó el valor total que las personas le dan al hábitat del bosque tropical. Sin embargo, los valores informados fueron injustificadamente superiores que aquellos de los otros estudios y no se utilizó este estudio.

Los cuatro estudios seleccionados presentaron nueve estimaciones de la disposición por persona para pagar por la protección del hábitat del bosque tropical. Los diferentes valores resultaron de las diferencias en los métodos o en las poblaciones estudiadas. Los valores de los diversos estudios se ajustaron de manera que puedan dar cuenta de las diferencias en los ingresos de los países y de los diferentes años en los que se realizaron los estudios. Específicamente, todos los valores se convirtieron a dólares estadounidenses al valor del dólar correspondiente al año 2008 a partir de los ingresos por persona (PIB) ajustados para la paridad del poder adquisitivo (PPA). Este tipo de enfoque se utilizó en estudios previos que combinaron los valores ambientales en distintos países (por ejemplo, Costanza y otros 1997). El resultado de este enfoque es que la disposición para pagar valores en países de ingresos elevados es mayor que en el caso de los valores de países de ingresos bajos, hecho que se esperaba.

El promedio de las nueve estimaciones se utilizó en los cálculos de los valores. El promedio de los nueve valores es que cada persona está dispuesta a pagar \$0,00000509 por hectárea para proteger los bosques tropicales, basado en ingreso U.S. per-cápita PPP. Para obtener estimaciones de la disposición de las personas para pagar por la recuperación ambiental en los países del mundo, se ajustó esta estimación promedio en proporción con las diferencias en los ingresos de la PPA por persona en los países.

Como se observó previamente, se utilizaron dos enfoques para calcular el valor total del hábitat del bosque tropical. En el primer enfoque, los valores por persona se aplicaron a las

poblaciones de todos los países con ingresos por persona equivalentes o superiores a los de Brasil. Brasil se utiliza como el país umbral, ya que posee el ingreso más bajo por persona entre los países estudiados. Este enfoque de valoración asume de manera conservadora que el hábitat del bosque tropical no es de valor para las personas de los países fuera de este grupo identificado. El método alternativo aplica valores por persona ajustados conforme los ingresos a todas las personas del mundo. Este primer enfoque conduce a un valor de nivel inferior por hectárea para el bosque tropical de \$4.735 dólares estadounidenses al valor del dólar correspondiente al año 2008. Al utilizar el enfoque alternativo, el valor estimado por hectárea es de \$7.089. Los valores para otros años difieren por la variación en los ingresos y la población producida en el tiempo.

5.2 El valor del bosque tropical para los indígenas

Diversos estudios abordaron la importancia y el valor que el bosque tropical tiene para los indígenas. Rolfe y otros (2000) descubrieron que el valor de preservar el bosque tropical era considerablemente superior si la preservación beneficiase a los habitantes indígenas de un bosque tropical. En Horton y otros (2003), cuando a los participantes de las encuestas se les pidió que enumeraran las razones por las que el bosque tropical es importante, el nueve por ciento enumeró la diversidad cultural y el apoyo a los indígenas. Estos estudios sugieren que utilizar un valor promedio para el bosque tropical minimiza los daños si los impactos se produjeran en un área utilizada por los indígenas, como en la Concesión Napo.

Las estimaciones de valor provenientes de los indígenas son difíciles de medir en términos económicos, debido a los bajos ingresos de muchas comunidades indígenas y a la falta de participación en el mercado económico. Sin embargo, en un estudio realizado con comunidades aborígenes en Canadá occidental se descubrió que se necesitarían \$3.100 de resarcimiento por persona por año para compensar los impactos provocados por las actividades de la exploración de petróleo en las características tradicionales y ambientales de las comunidades de los asentamientos indígenas (McDaniels and Trousdale 2005). Este estudio indica que las pérdidas que los impactos en el hábitat y en el medioambiente ocasionaban a los indígenas podrían ser importantes. Dichas pérdidas no están incluidas en los cálculos de los daños en este anexo.

5.3 Resultados del valor total

En la Tabla 4 figuran los cálculos del valor total de las pérdidas en el bosque tropical debido a pozos y estaciones. La Tabla 5 contiene los valores relativos a pérdidas por los caminos. Primero, se estimaron los valores anuales del bosque tropical por hectárea desde 1967 hasta 2040. Tal como se observó previamente, se calcularon dos valores separados por hectárea. El primero representa una estimación baja del valor de voluntad de pago de los residentes de los países con ingresos medio o ingresos elevados solamente y el segundo representa una estimación mayor, que incluye todos los países. Para calcular los daños anuales, los valores por hectárea en un año determinado se multiplicaron por el área del bosque tropical impactada ese año. Luego, las cifras de los daños anuales se multiplicaron por el factor de descarte anual a partir de una tasa de descarte del 3%. Finalmente, se sumaron los daños descontados anualmente desde 1967 hasta 2050 para estimar los daños del valor actual total.

Tabla 4. Cálculo del valor del bosque tropical impactado por pozos y estaciones

Año	Bosque tropical	Valor por hectárea		Daños	
	Hectáreas impactadas	Estimación baja	Estimación alta	Estimación baja	Estimación alta
1967	6.8	\$1,130	\$1,367	\$25,922	\$31,362
1968	10.5	\$1,188	\$1,433	\$40,709	\$49,110
1969	15.6	\$1,254	\$1,519	\$61,910	\$74,981
1970	30.1	\$1,329	\$1,625	\$123,146	\$150,571
1971	49.1	\$1,388	\$1,701	\$203,563	\$249,430
1972	270.4	\$1,471	\$1,810	\$1,152,755	\$1,417,916
1973	306.6	\$1,570	\$1,929	\$1,354,431	\$1,664,023
1974	382.6	\$1,592	\$1,975	\$1,664,114	\$2,064,690
1975	434.2	\$1,830	\$2,210	\$2,108,157	\$2,544,917
1976	445.2	\$1,923	\$2,320	\$2,203,967	\$2,658,994
1977	451.1	\$1,998	\$2,415	\$2,252,893	\$2,724,132
1978	479.7	\$2,083	\$2,522	\$2,425,172	\$2,936,292
1979	492.2	\$2,169	\$2,615	\$2,515,431	\$3,033,838
1980	503.0	\$2,218	\$2,688	\$2,552,548	\$3,093,043
1981	514.8	\$2,251	\$2,740	\$2,573,927	\$3,133,564
1982	521.5	\$2,251	\$2,762	\$2,531,054	\$3,106,592
1983	545.1	\$2,306	\$2,846	\$2,631,648	\$3,248,735
1984	558.4	\$2,418	\$2,996	\$2,744,689	\$3,400,370
1985	575.8	\$2,502	\$3,115	\$2,843,711	\$3,539,889
1986	583.1	\$2,585	\$3,228	\$2,888,049	\$3,606,318
1987	591.5	\$2,676	\$3,417	\$2,944,384	\$3,760,423
1988	598.2	\$2,789	\$3,581	\$3,013,767	\$3,869,529
1989	599.6	\$3,088	\$3,914	\$3,246,762	\$4,114,975
1990	614.9	\$3,193	\$4,075	\$3,342,412	\$4,266,232
1991	614.9	\$3,219	\$4,133	\$3,271,205	\$4,200,230
1992	614.9	\$3,255	\$4,219	\$3,212,075	\$4,162,630
1993	614.9	\$3,294	\$4,309	\$3,155,894	\$4,127,904
1994	614.9	\$3,385	\$4,462	\$3,148,688	\$4,150,169
1995	614.9	\$3,470	\$4,620	\$3,133,097	\$4,171,488
1996	614.9	\$3,570	\$4,801	\$3,129,630	\$4,208,667
1997	614.9	\$3,694	\$4,998	\$3,144,065	\$4,254,276
1998	614.9	\$3,767	\$5,128	\$3,113,104	\$4,237,357
1999	614.9	\$3,885	\$5,317	\$3,117,369	\$4,266,085
2000	614.9	\$4,048	\$5,564	\$3,153,048	\$4,334,409
2001	614.9	\$4,101	\$5,708	\$3,101,529	\$4,316,860
2002	614.9	\$4,171	\$5,875	\$3,062,302	\$4,313,790
2003	614.9	\$4,273	\$6,110	\$3,046,045	\$4,355,552
2004	614.9	\$4,437	\$6,428	\$3,070,872	\$4,448,945
2005	614.9	\$4,572	\$6,731	\$3,071,811	\$4,522,691
2006	614.9	\$4,735	\$7,089	\$3,089,181	\$4,624,355
2007	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,999,205	\$4,489,665
2008	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,911,850	\$4,358,898
2009	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,827,038	\$4,231,940
2010	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,744,698	\$4,108,680
2011	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,664,755	\$3,989,009

ANEXO O: EL VALOR DE LAS PÉRDIDAS DE LOS ECOSISTEMAS DE LOS BOSQUES TROPICALES

2012	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,587,141	\$3,872,825
2013	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,511,787	\$3,760,024
2014	614.9	\$4,735	\$7,089	\$2,438,628	\$3,650,509
2015	520.9	\$4,735	\$7,089	\$2,005,760	\$3,002,525
2016	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,947,339	\$2,915,073
2017	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,890,621	\$2,830,168
2018	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,835,554	\$2,747,736
2019	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,782,091	\$2,667,705
2020	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,730,186	\$2,590,005
2021	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,679,792	\$2,514,568
2022	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,630,866	\$2,441,328
2023	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,583,365	\$2,370,221
2024	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,537,248	\$2,301,186
2025	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,492,474	\$2,234,161
2026	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,449,003	\$2,169,088
2027	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,406,799	\$2,105,911
2028	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,365,825	\$2,044,574
2029	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,326,043	\$1,985,023
2030	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,287,421	\$1,927,207
2031	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,249,923	\$1,871,075
2032	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,213,518	\$1,816,577
2033	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,178,172	\$1,763,667
2034	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,143,857	\$1,712,298
2035	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,110,540	\$1,662,425
2036	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,078,195	\$1,614,005
2037	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,046,791	\$1,566,995
2038	520.9	\$4,735	\$7,089	\$1,016,302	\$1,521,355
2039	520.9	\$4,735	\$7,089	\$986,701	\$1,477,043
2040	520.9	\$4,735	\$7,089	\$957,962	\$1,434,023
2041	520.9	\$4,735	\$7,089	\$930,060	\$1,392,255
2042	520.9	\$4,735	\$7,089	\$902,971	\$1,351,704
2043	520.9	\$4,735	\$7,089	\$876,671	\$1,312,334
2044	520.9	\$4,735	\$7,089	\$851,137	\$1,274,111
2045	520.9	\$4,735	\$7,089	\$826,346	\$1,237,001
2046	520.9	\$4,735	\$7,089	\$802,278	\$1,200,972
2047	520.9	\$4,735	\$7,089	\$778,911	\$1,165,992
2048	520.9	\$4,735	\$7,089	\$756,224	\$1,132,031
2049	520.9	\$4,735	\$7,089	\$734,198	\$1,099,059
2050	520.9	\$4,735	\$7,089	\$712,814	\$1,067,048
Total				\$164,254,094	\$227,415,331

Tabla 4. Cálculo del valor del bosque tropical impactado por caminos

Año	Bosque tropical Hectárea asimpactadas	Valor por hectárea		Daños	
		Estimación baja	Estimación alta	Estimación baja	Estimación alta
1967	51	\$1,130	\$1,367	\$193,200	\$233,741
1968	178	\$1,188	\$1,433	\$690,409	\$832,880
1969	305	\$1,254	\$1,519	\$1,212,976	\$1,469,081

ANEXO O: EL VALOR DE LAS PÉRDIDAS DE LOS ECOSISTEMAS DE LOS BOSQUES TROPICALES

1970	674	\$1,329	\$1,625	\$2,756,764	\$3,370,705
1971	1094	\$1,388	\$1,701	\$4,535,898	\$5,557,934
1972	1476	\$1,471	\$1,810	\$6,293,786	\$7,741,507
1973	2112	\$1,570	\$1,929	\$9,330,630	\$11,463,402
1974	2519	\$1,592	\$1,975	\$10,958,919	\$13,596,886
1975	2647	\$1,830	\$2,210	\$12,849,400	\$15,511,492
1976	2774	\$1,923	\$2,320	\$13,733,928	\$16,569,411
1977	2876	\$1,998	\$2,415	\$14,361,913	\$17,366,000
1978	3054	\$2,083	\$2,522	\$15,438,942	\$18,692,797
1979	3283	\$2,169	\$2,615	\$16,776,850	\$20,234,405
1980	3410	\$2,218	\$2,688	\$17,305,662	\$20,970,084
1981	3550	\$2,251	\$2,740	\$17,751,394	\$21,610,996
1982	3652	\$2,251	\$2,762	\$17,726,232	\$21,757,012
1983	3767	\$2,306	\$2,846	\$18,183,576	\$22,447,389
1984	3996	\$2,418	\$2,996	\$19,639,746	\$24,331,501
1985	4161	\$2,502	\$3,115	\$20,548,677	\$25,579,264
1986	4275	\$2,585	\$3,228	\$21,175,394	\$26,441,798
1987	4428	\$2,676	\$3,417	\$22,041,161	\$28,149,886
1988	4517	\$2,789	\$3,581	\$22,757,526	\$29,219,550
1989	4517	\$3,088	\$3,914	\$24,458,859	\$30,999,373
1990	4530	\$3,193	\$4,075	\$24,623,444	\$31,429,198
1991	4530	\$3,219	\$4,133	\$24,098,862	\$30,942,964
1992	4530	\$3,255	\$4,219	\$23,663,257	\$30,665,964
1993	4530	\$3,294	\$4,309	\$23,249,372	\$30,410,137
1994	4530	\$3,385	\$4,462	\$23,196,289	\$30,574,168
1995	4530	\$3,470	\$4,620	\$23,081,431	\$30,731,225
1996	4530	\$3,570	\$4,801	\$23,055,887	\$31,005,122
1997	4530	\$3,694	\$4,998	\$23,162,226	\$31,341,117
1998	4530	\$3,767	\$5,128	\$22,934,142	\$31,216,476
1999	4530	\$3,885	\$5,317	\$22,965,560	\$31,428,116
2000	4530	\$4,048	\$5,564	\$23,228,405	\$31,931,459
2001	4530	\$4,101	\$5,708	\$22,848,868	\$31,802,173
2002	4530	\$4,171	\$5,875	\$22,559,881	\$31,779,553
2003	4530	\$4,273	\$6,110	\$22,440,119	\$32,087,216
2004	4530	\$4,437	\$6,428	\$22,623,016	\$32,775,239
2005	4530	\$4,572	\$6,731	\$22,629,937	\$33,318,520
2006	4530	\$4,735	\$7,089	\$22,757,902	\$34,067,481
2007	4530	\$4,735	\$7,089	\$22,095,050	\$33,075,224
2008	4530	\$4,735	\$7,089	\$21,451,505	\$32,111,868
2009	4530	\$4,735	\$7,089	\$20,826,704	\$31,176,571
2010	4530	\$4,735	\$7,089	\$20,220,101	\$30,268,515
2011	4530	\$4,735	\$7,089	\$19,631,166	\$29,386,908
2012	4530	\$4,735	\$7,089	\$19,059,384	\$28,530,979
2013	4530	\$4,735	\$7,089	\$18,504,257	\$27,699,979
2014	4530	\$4,735	\$7,089	\$17,965,298	\$26,893,184
2015	4530	\$4,735	\$7,089	\$17,442,037	\$26,109,887
2016	4530	\$4,735	\$7,089	\$16,934,016	\$25,349,405
2017	4530	\$4,735	\$7,089	\$16,440,792	\$24,611,073
2018	4530	\$4,735	\$7,089	\$15,961,934	\$23,894,245

2019	4530	\$4,735	\$7,089	\$15,497,024	\$23,198,297
2020	4530	\$4,735	\$7,089	\$15,045,654	\$22,522,618
2021	4530	\$4,735	\$7,089	\$14,607,431	\$21,866,619
2022	4530	\$4,735	\$7,089	\$14,181,972	\$21,229,728
2023	4530	\$4,735	\$7,089	\$13,768,905	\$20,611,386
2024	4530	\$4,735	\$7,089	\$13,367,869	\$20,011,054
2025	4530	\$4,735	\$7,089	\$12,978,513	\$19,428,208
2026	4530	\$4,735	\$7,089	\$12,600,498	\$18,862,338
2027	4530	\$4,735	\$7,089	\$12,233,494	\$18,312,949
2028	4530	\$4,735	\$7,089	\$11,877,178	\$17,779,563
2029	4530	\$4,735	\$7,089	\$11,531,241	\$17,261,711
2030	4530	\$4,735	\$7,089	\$11,195,380	\$16,758,943
2031	4530	\$4,735	\$7,089	\$10,869,301	\$16,270,818
2032	4530	\$4,735	\$7,089	\$10,552,719	\$15,796,911
2033	4530	\$4,735	\$7,089	\$10,245,358	\$15,336,807
2034	4530	\$4,735	\$7,089	\$9,946,950	\$14,890,104
2035	4530	\$4,735	\$7,089	\$9,657,233	\$14,456,411
2036	4530	\$4,735	\$7,089	\$9,375,954	\$14,035,351
2037	4530	\$4,735	\$7,089	\$9,102,868	\$13,626,554
2038	4530	\$4,735	\$7,089	\$8,837,736	\$13,229,664
2039	4530	\$4,735	\$7,089	\$8,580,326	\$12,844,334
2040	4530	\$4,735	\$7,089	\$8,330,414	\$12,470,227
2041	4530	\$4,735	\$7,089	\$8,087,780	\$12,107,017
2042	4530	\$4,735	\$7,089	\$7,852,214	\$11,754,385
2043	4530	\$4,735	\$7,089	\$7,623,509	\$11,412,025
2044	4530	\$4,735	\$7,089	\$7,401,465	\$11,079,636
2045	4530	\$4,735	\$7,089	\$7,185,888	\$10,756,928
2046	4530	\$4,735	\$7,089	\$6,976,590	\$10,443,619
2047	4530	\$4,735	\$7,089	\$6,773,389	\$10,139,436
2048	4530	\$4,735	\$7,089	\$6,576,106	\$9,844,113
2049	4530	\$4,735	\$7,089	\$6,384,569	\$9,557,391
2050	4530	\$4,735	\$7,089	\$6,198,610	\$9,279,020
Total				\$1,255,816,820	\$1,747,935,223

Las pérdidas del bosque tropical por pozos y estaciones tienen una estimación baja de daños por pérdida de valor que asciende a \$164 millones en dólares del 2008, mientras que la estimación alta asciende a \$227 millones. El estimado central por pérdidas en pozos y estaciones es de \$195 millones. En cuanto a las pérdidas del bosque tropical por caminos, la estimación baja es de \$1.256 millones, la estimación alta de \$1.748 millones, y el estimado central asciende a \$1.502 millones.

6 CONCLUSIONES

Este anexo calcula el valor monetario del bosque tropical que se destruyó con los pozos y estaciones, y con los caminos construidos en la Concesión en el tiempo en que Texpet fue el operador. Los resultados se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de resultados

	Pérdidas por pozos y estaciones	Pérdidas por caminos	Total
Hectáreas de bosque tropical impactado	623 hectáreas	4530	5153
Método 1: costo para restaurar el bosque tropical adicional y compensar la pérdida	\$103 millones	\$772 millones	\$875 millones
Método 2: valor del bosque tropical perdido* (estimado central)	\$195 millones	\$1502 millones	\$1697 millones
a. Este método no da cuenta de los impactos que la pérdida del bosque tropical produjo en los grupos indígenas			

Se utilizaron dos métodos diferentes para estimar el valor del bosque tropical perdido. Uno es el costo de restaurar una cantidad de bosque tropical que compensaría las pérdidas, después de considerar el tiempo de las pérdidas y el tiempo de las ganancias de la restauración. El segundo método consiste en aplicar el valor que las personas les dan a los bosques tropicales al bosque perdido, considerando también el tiempo de las pérdidas.

Se perdieron aproximadamente 623 hectáreas de bosque tropical por las operaciones de Texpet en pozos y estaciones a lo largo de los años. Se deben restaurar 3.525 hectáreas de bosque tropical para compensar las pérdidas en pozos y estaciones, con un costo total de \$103 millones. El valor del bosque tropical perdido varía de \$164 a \$227 millones, con un estimado central de \$195 millones.

Se han perdido 4530 hectáreas debido a los caminos construidos en la época que Texpet operó en la Concesión. La integración de las pérdidas a lo largo de los años resulta en un total de 26.446 hectáreas de bosque tropical que debe ser restaurado, a un costo de \$772 millones. El valor del bosque tropical perdido debido a los caminos va de \$1.256 millones a \$1.748 millones, con un estimado central de \$1.502 millones.

De esta manera, el total de las pérdidas de bosque tropical por pozos, estaciones y caminos construidos por Texpet asciende a \$875 millones en base a costos de restauración, y \$1.697 millones usando en base al valor del bosque tropical. Estos dos valores representan dos métodos alternativos de asignar un valor en dólares a las pérdidas de ecosistemas del bosque tropical que han ocurrido a lo largo de los años.

7 REFERENCIAS

- Adams, C. R. Seroa da Motta, R. Arigoni Ortiz, J. Reid, C. Ebersbach Aznar, P.A. de Almeida Sinisgalli. 2007. The use of contingent valuation for evaluating protected areas in the developing world: Economic valuation of Morro do Diabo State Park, Atlantic Rainforest, Sao Paulo State (Brazil). *Ecological Economics* (pre-publication online edition).
- Asian Development Bank. 1996. *Economic evaluation of environmental impacts: a workbook*. Asian Development Bank, Manila.
- Chapman, D. and M. Hanemann. 2001. Environmental damages in court: the American Trader case, in A. Heyes, ed., *The Law and Economics of the Environment*. Edward Elgar Publishing, Northampton, MA.
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton, M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253 - 261.

- Holmes, T., K. Alger, C. Zinkhan and E. Mercer. 1998. The Effect of Response Time on Conjoint Analysis Estimates of Rainforest Protection Values. *Journal of Forest Economics* 4:7-28.
- Horton, B., G. Colarullo, I. Bateman, C. Peres. 2003. Evaluating non-user willingness-to-pay for a large-scale conservation programme in Amazonia: a UK/Italian contingent valuation study. *Environmental Conservation* 30(2):139-146.
- Garrod, G. and K. Willis. 1999. *Economic Valuation of the Environment*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Kramer, R. and D.E. Mercer. 1997. Valuing a global environmental good: U.S. residents' willingness to pay to protect tropical rainforests. *Land Economics* 73(2):196-210.
- McDaniels, T. and W. Trousdale. 2005. Resource compensation and negotiation support in an aboriginal context: Using community-based multi-attribute analysis to evaluate non-market losses. *Ecological Economics* 55:173-186.
- Rolfe, J., J. Bennett, J. Louviere. 2000. Choice modelling and its potential application to tropical rainforest preservation. *Ecological Economics* 35:289-302.
- World Bank. 1998. Economic analysis and environmental assessment. *Environmental assessment sourcebook update*. Environment Department, World Bank, Washington, D.C.