

1 Sinopsis

1.1 Introducción

Durante la vigésimosegunda sesión del Comité del Patrimonio Mundial (World Heritage Committee), que se sostuvo en París, del 22 al 27 de junio de 1998, se llegó a la decisión que el Presidente del Comité debía encabezar una misión a Australia y al Parque Nacional de Kakadu, a efectos de evaluar las amenazas posibles y ya verificadas a los valores del Patrimonio Mundial que existen en el Parque Nacional de Kakadu, que pudieran surgir de la propuesta de extraer uranio en Jabiluka. La visita de la Misión se llevó a cabo desde el 26 de octubre de 1998 al 1° de noviembre de 1998.

El informe de la Misión fue elevado a la Oficina del Comité del Patrimonio Mundial, durante la sesión de dicho Comité que se sostuvo en Kyoto, Japón, del 27 al 28 de noviembre de 1998. Luego de haber considerado el informe, la Oficina hizo recomendaciones que el Comité del Patrimonio Mundial consideró durante su sesión del 30 de noviembre de 1998 al 5 de diciembre de 1998.

El informe notaba graves peligros, posibles y verificados, para los bienes culturales y naturales del Parque Nacional de Kakadu, principalmente a causa de la propuesta de extraer y tratar uranio en Jabiluka”, y recomendaba que no se procediera con la extracción y el tratamiento del uranio. En el caso de las amenazas a los valores naturales del Parque, la Misión consideró como de mayor importancia, las serias dudas expresadas por algunos de los más eminentes científicos australianos con respecto al grado de incertidumbre a nivel científico relacionadas con el diseño de la mina de Jabiluka, la eliminación de los residuos de la misma y su posible impacto en los procesos de captación”. Las inquietudes arriba mencionadas se incluyeron en una presentación de Wasson, White, Mackey y Fleming (Wasson et al 1998, Apéndice 2).

Como las autoridades australianas no habían tenido suficiente tiempo para responder al informe, el Comité del Patrimonio Mundial no tomó una decisión en firme con respecto al futuro status de Kakadu en su sesión de noviembre de 1998. En su decisión, el Comité requirió que el Jefe del Equipo Científico realizara un análisis completo de las áreas de incertidumbre científica. Los temas que se especificaron fueron modelado, pronóstico e impacto hidrológicos de acontecimientos climáticos de importancia, almacenamiento de mineral de uranio en la superficie y almacenamiento a largo plazo de los residuos de la mina.

Este informe es la respuesta del Jefe del Equipo Científico a ese requerimiento. Al preparar este informe, el Jefe del Equipo Científico utilizó la amplia gama de pericias que están a su disposición en su propia organización. Asimismo, dado el intenso interés que el tema del Patrimonio Mundial suscita y la necesidad de lograr transparencia absoluta, el Jefe del Equipo Científico solicitó asesoramiento por separado a una cantidad de institutos científicos en Australia. Los científicos de la Oficina Meteorológica (Bureau of Meteorology), la Universidad de Melbourne (University of Melbourne), la Organización Federal de Investigación Científica e Industrial (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) y la Universidad de Nueva Gales del Sur prepararon informes sobre temas específicos a pedido del Jefe del Equipo Científico. Esos informes se incluyen como documentos adjuntos a este informe.

1.2 Temas a tratar

Luego de un examen minucioso de la presentación de Wasson et al (1998) y del informe de la Misión, el Jefe del Equipo Científico ha resumido los temas de mayor importancia que surgen de cada uno de los puntos especificados por el Comité del Patrimonio Mundial y consultado al Presidente del Comité con respecto a esta interpretación. Esta sinopsis es la siguiente:

Modelado Hidrológico

Este punto incluye temas planteados por Wasson et al (1998) en la sección 5 de su presentación; en particular, (i) la estimación de qué constituye la Probabilidad de Excedencia Anual (Annual Excedence Probability/AEP) de 1 a 10.000 con respecto a las lluvias anuales, con el propósito de diseñar el estanque de retención (ii) la evaporación de la corriente de aire proveniente del sistema de ventilación de la mina y (iii) la evaporación de agua al descubierto.

Pronóstico de acontecimientos climáticos de importancia e impacto de los mismos

Este punto se refiere a (i) incertidumbres planteadas por Wasson et al (1998) en la sección 4 de su presentación, surgidas de la labor de Nott (1996) sobre altas descargas en la región del Arroyo Waterfall y la llanura aluvial de Katherine, (ii) incertidumbres expresadas por Wasson et al (1998) con respecto a qué constituye un acontecimiento de Máxima Precipitación Probable (Probable Maximum Precipitation/PMP), y (iii) el efecto del cambio de clima tanto en la precipitación pluvial anual media y la intensidad de las tormentas.

Almacenamiento de uranio en la superficie

En este punto se incluyen (i) el diseño de las instalaciones de superficie, de manera de garantizar que la escorrentía del almacenamiento de mineral sea recogida por el estanque de retención, aun en condiciones climáticas extremas, tomando en cuenta los temas tratados en los dos puntos anteriores y (ii) la aptitud de los principios utilizados en el diseño del estanque de retención para asegurar el confinamiento del agua recolectada en el mismo bajo condiciones climáticas extremas, sin necesidad de que se vierta agua al sistema hidrológico de superficie más allá del terreno de la mina.

Almacenamiento a largo plazo de los residuos de la mina

Este punto incluye dos temas referentes al almacenamiento a largo plazo del 100% de los residuos en los bancos de la mina de Jabiluka y los bancos/silos adicionales excavados cerca del yacimiento de mineral, específicamente para almacenar residuos. Los dos temas son (i) el almacenamiento a largo plazo de residuos sólidos para que no representen un peligro a los humedales de Kakadu y (ii) la dispersión de contaminantes, provenientes de residuos almacenados, en aguas subterráneas y el subsiguiente impacto probable en los humedales de Kakadu.

Hay una serie de temas adicionales planteados en la presentación de Wasson et al (1998) que requieren esclarecimiento. Estos y otros temas más generales también se plantean en este informe.

1.3 Resumen de las conclusiones

Temas de modelado hidrológico

Las conclusiones y recomendaciones de Jefe del Equipo Científico sobre los temas de modelado hidrológico planteados por Wasson et al (1998) son los siguientes:

Estimación de la AEP de 1 a 10.000 con respecto a las lluvias anuales

- Se recomienda que se use el registro de precipitación de Oenpelli para los años 1917 a 1998, a efectos de estimar la AEP 1:10.000 con respecto a las lluvias anuales, y para otros modelos hidrológicos en el proyecto de Jabiluka, debido a que dicho proyecto es mucho más amplio que el de Jabiru y es coherente con el registro de Jabiru en el período en que se superponen.
- Se recomienda que el valor de la AEP 1:10.000 con respecto a las lluvias anuales sea de 2460mm con un 95% de margen de tolerancia con respecto a ± 190 mm. Esta estimación coincide plenamente con el valor adoptado por Energy Resources of Australia Ltd. (ERA), de 2450mm.
- Se reconoce que podría haber algún grado de dependencia residual del modelado en cuanto al valor recomendado para la AEP 1:10.000 con respecto a las lluvias anuales. No obstante, esto no es importante para el modelado del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka en este análisis, ya que se usa un método de simulación Monte Carlo, basado en información sobre precipitaciones pluviales generada por proceso estocástico.

Evaporación de agua al descubierto

- Todas las sugerencias hechas por Wasson et al (1998) para verificar la validez de los factores de batea de evaporación utilizados por la empresa ERA ya se habían tomado en consideración en los cálculos de evaporación presentados por la empresa ERA en su modelado del sistema de manejo hidrológico del proyecto Jabiluka.

- En base a dos estudios recientes realizados en forma independiente, se recomienda que en todos los modelamientos hidrológicos futuros del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka se usen los factores de batea propuestos en 1987 por el Jefe del Equipo Científico.
- Existe una pequeña diferencia (aproximadamente 2%) entre la evaporación anual del estanque que surge del uso de los factores de batea recomendados por el Jefe del Equipo Científico y el resultado obtenido usando los factores adoptados por la empresa ERA en el Informe Ambiental Destinado al Público con respecto a Jabiluka. Esta diferencia satisface ampliamente las actuales expectativas de la exactitud del modelamiento para el manejo hidrológico.
- El volumen del estanque de retención en Jabiluka debería aumentarse aproximadamente en un 3% para tomar en cuenta la variabilidad inter anual en la evaporación y la relación inversa entre la evaporación y la precipitación pluvial.
- Esta estimación, no obstante, se considera excesiva debido a que no hay una relación lineal entre la evaporación y la precipitación pluvial. Más bien, la evaporación durante los meses más importantes de la época de lluvias tiende a un valor constante de altas precipitaciones.
- Se recomienda que se incorpore una relación lineal entre evaporación y precipitación pluvial en modelamientos futuros de manejo hidrológico, ya que esto proporcionará resultados moderados en condiciones de abundantes lluvias y resultados más realistas en condiciones de sequía, que los que podrían obtenerse usando evaporaciones mensuales promedio a largo plazo.

Evaporación en chimeneas de ventilación de la mina

- Es correcta la observación de Wasson et al (1998) que el calor latente de evaporación debe ser proporcionado. La conclusión de que ello resulta en un error de importancia no es válida, sin embargo, ya que la energía requerida puede suministrarse en forma externa. Asimismo, el ingeniero a cargo del diseño consideraba que la mejor forma de llevarlo a cabo sería en la etapa detallada del diseño, una vez que se hubiera aprobado el proyecto.
- Un sistema humidificador diseñado con el fin de satisfacer las necesidades de evaporación de energía requeriría un gran capital y altos costos operativos. Un análisis de costo-beneficio de las diversas opciones de manejo hidrológico será necesario antes de tomar una decisión sobre la instalación de un sistema humidificador.
- Si se decide que el costo de instalar y operar un sistema humidificador es muy alto o que su impacto ambiental es inaceptable, se tendrá que aumentar la superficie del estanque de retención en Jabiluka, de 9 ha. a 13 ha. aproximadamente. No se espera que este aumento de 4 ha. produzca un impacto ambiental detectable, dada la experiencia que se ha obtenido en la mina Ranger, que tiene una zona de terreno alterado de 500 ha.

Pronóstico de acontecimientos climáticos de importancia y el impacto de los mismos

Evidencia de acontecimientos climáticos anteriores de importancia en la región

- Es incorrecta la presunción de Wasson et al (1998) con respecto a la necesidad de diseñar y construir presas de retención para aguas y residuos que sean de una estructura estable durante 10.000 años y que contengan toda el agua que pudiera acumularse durante dicho período.
- El proyecto aprobado por el Ministro del Medio Ambiente (Minister for the Environment) requiere que todos los residuos sean colocados bajo tierra en el hueco de la mina y en bancos o silos adicionales especialmente excavados para depositar dichos residuos. No habrá, por lo tanto, necesidad de depositar residuos en almacenamientos de superficie por períodos que excedan la vida de la mina, que es de aproximadamente 30 años. De manera similar, las estructuras de retención de agua se evaporarán hasta secarse y se rehabilitarán al cesar la actividad minera.
- Las duras palabras que Wasson et al (1998) usaron en sus críticas, de que la propuesta había supuesto que el clima se mantendría estacionario por un período de 10.000 años son, por lo tanto, infundadas. No se justifica citar esto, o información sobre algunos miles de años de regímenes climáticos de la región, que presentan diferencias de importancia, como evidencia de que no hay

ninguna probabilidad de garantizar la integridad de Kakadu”.

Acontecimientos de máxima precipitación probable

- La estimación de intensidad de una PMP de 6 minutos adoptada por la empresa ERA para el proyecto de Jabiluka es inferior al valor recomendado por la Oficina Meteorológica (Bureau of Meteorology) en aproximadamente un 20%. Se recomienda que, en el diseño detallado del proyecto de Jabiluka, se use el valor utilizado por la Oficina Meteorológica.
- En este informe se incluye una serie completa de valores PMP para Jabiluka. Se recomienda que se utilicen esos valores, según se requieran, en el diseño detallado del proyecto de Jabiluka.
- *Efecto del cambio climático sobre el modelado hidrológico* Tal como lo recomendara anteriormente el Jefe del Equipo Científico, es importante que al realizar el diseño detallado del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka, se tengan debidamente en cuenta las posibles o probables variaciones del clima durante los próximos 30 años. Ello deberá incluir efectos que no sean el efecto invernal, tales como los cambios periódicos en la lluvia anual media que se hayan registrado anteriormente.
- Existe una importante concordancia en los pronósticos de los diversos modelos de cambio de clima, con respecto al aumento de temperatura en la región de Jabiluka para el año 2030. Se espera que el aumento será de 0,35 a 0,8°C.
- Existe una importante concordancia en los pronósticos de los diversos modelos de cambio de clima, incluidos los modelos que incorporan modelado climático regional, con respecto al probable cambio de las precipitaciones durante la época de lluvias en la región de Jabiluka. Las predicciones varían de +1% a 6% para el 2030. Estos modelos confirman las expectativas previas con respecto a la posibilidad de que cualquier aumento en las precipitaciones promedio durante la época de lluvias debido al calentamiento de la Tierra, será pequeño (1%).
- La variación en la escala del decenio es el efecto más importante relacionado con el cambio de clima para el modelado hidrológico del proyecto de Jabiluka. El presente estudio confirma el análisis anterior del Jefe del Equipo Científico con respecto a que este efecto podría llegar hasta el 15% durante los próximos 30 años. Sin embargo, este estudio ha establecido que el modelado estocástico de serie de lluvias, basado en el registro de lluvias de Oenpelli, considera completamente la variabilidad en la escala del decenio y que no hay necesidad de incluir este efecto explícitamente en una hipótesis de cambio de clima.
- El análisis del registro histórico de lluvias de Oenpelli revela una tendencia a un aumento de 1,7mm por año en la lluvia anual media, que puede ser atribuida al calentamiento de la Tierra y que debe agregarse a los pronósticos del modelo. La tendencia observada no es estadísticamente importante, pero la adopción de un enfoque preventivo implica que la importancia de esta posible tendencia debería ser evaluada en el modelado hidrológico del proyecto de Jabiluka. Sin embargo, el modelado estocástico de la serie de lluvias, basado en el registro de lluvias de Oenpelli, también presenta una tendencia similar, y se concluye que no hay necesidad de incluir este efecto explícitamente en una hipótesis de cambio de clima.
- Tal como sucede en los estudios previos, este análisis ha encontrado que es probable que aumente la intensidad de los temporales de extrema magnitud, a pesar de la disminución general de la lluvia anual.
- El modelado de cambio de clima también sugiere que puede haber un aumento significativo en la magnitud de los acontecimientos PMP, y estos aumentos se estiman en hasta un 30%. Los posibles aumentos de esta magnitud deberían ser tomados en cuenta en el diseño final del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka, aumentando la altura de los bordes de exclusión. Esta es una medida que puede tomarse en la etapa de diseño detallado.

El almacenamiento de uranio en la superficie

Modelado del sistema de manejo hidrológico en Jabiluka en las condiciones climáticas actuales

- Este estudio ha incluido modelado del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka usando un

modelo estocástico de equilibrio hidrológico diario que incorpora las recomendaciones de este estudio con respecto al registro apropiado de lluvias y evaporación, una distribución realista de pérdidas por evaporación en el sistema de ventilación durante el año, y un modelo simple de capacidad de agua en el suelo para escorrentía. El sistema modelado era la Alternativa de Tratamiento para Jabiluka Concepto Original, pero vertiendo los residuos al hueco de la mina en lugar de verterlos en estanques de superficie para residuos.

- El modelo ha permitido que se hiciera una estimación de la capacidad requerida de almacenamiento como función de la probabilidad de excedencia durante los 30 años de la vida de la mina bajo las condiciones climáticas actuales.
- La probabilidad de que el volumen del estanque propuesto por la empresa ERA en el Informe ambiental destinado al público (PER) (810.000 m³) fuera excedido durante la vida de la mina es de 1 en 1.000. El volumen de estanque requerido para alcanzar una probabilidad de excedencia de 1 en 10.000 aproximadamente durante la vida de la mina sería de 940.000 m³ aproximadamente.

Estudio del modelo hidrológico adoptado por la empresa ERA

- El Jefe del Equipo Científico ha examinado el modelo hidrológico adoptado por la empresa ERA para el diseño del sistema de manejo hidrológico en Jabiluka. Este estudio ha planteado una serie de recomendaciones para perfeccionar el modelo.
- El efecto sobre el volumen del estanque de almacenamiento de agua que surge de la adopción de estas recomendaciones es el siguiente:
 - La inclusión de variabilidad inter anual de evaporación y la relación inversa entre precipitación y evaporación lleva a un aumento aproximado de un 3% en el volumen exigido para el estanque.
 - El uso de una distribución simulada de lluvia mensual, en lugar de la distribución anual de lluvia para cada mes en proporciones fijas determinadas a partir de una distribución típica, lleva a un aumento aproximado del 1,7% en la capacidad exigida.
 - El uso de una distribución más realista de las pérdidas en el sistema de ventilación entre la época de lluvia y de seca en lugar de un valor constante para cada mes lleva a un aumento del 1,2% en la capacidad exigida.
 - El uso de factores de batea recomendados en este estudio en lugar de los usados en el PER por la empresa ERA tiene como resultado un aumento aproximado de un 2,5% en el volumen exigido.
 - El uso de un modelo de equilibrio diario del agua en lugar de un modelo mensual lleva a un aumento del 1,4% en el volumen exigido para el estanque.
 - El uso de un modelo teórico de precipitación-escorrentía en lugar de coeficientes fijos de escorrentía lleva a una disminución de un 0,4% en el volumen exigido para el estanque.
- El efecto combinado de la adopción de las recomendaciones de este estudio referentes a cada uno de los puntos expresados arriba en lugar del modelo utilizado por la empresa ERA es que el volumen del estanque exigido para lograr una probabilidad de excedencia determinada aumenta en un 10% aproximadamente.

Uso de la evaporación del estanque en lugar de evaporación intensificada en el sistema de ventilación

- El uso de la evaporación del estanque en lugar de intensificar la evaporación en el sistema de ventilación resultaría en una disminución aproximada de un 30% en la capacidad exigida de almacenamiento, ya que la capacidad de evaporación total estaría disponible desde el inicio del funcionamiento en lugar de alcanzar su efecto máximo solamente después de 10 años de funcionamiento.
- Se recomienda que la empresa ERA, en su diseño detallado del sistema de manejo hidrológico de Jabiluka use un aumento en la evaporación del estanque en lugar de evaporación intensificada en el sistema de ventilación. Al hacer esta recomendación se reconoce que un cierto grado de intensificación en la evaporación del sistema de ventilación es inevitable como resultado de los procedimientos para eliminar las emisiones de polvo. La empresa ERA deberá producir este modelo cuidadosamente para lograr un óptimo sistema de manejo hidrológico.
- La subdivisión del estanque de retención de agua en tres o cuatro compartimentos con vertederos

conectores y un sistema de bombeo de agua es una manera en la que se puede lograr control sobre las pérdidas por evaporación. Durante sequías las pérdidas por evaporación pueden disminuirse a un mínimo bombeando toda el agua remanente a uno de los compartimentos y las mismas pueden aumentarse a un máximo durante los períodos más húmedos utilizando la capacidad de evaporación total de todos los compartimentos. Se recomienda que la empresa ERA considere este criterio en el diseño detallado del sistema de manejo hidrológico en Jabiluka.

Efecto del cambio de clima en la capacidad exigida de almacenamiento

- La hipótesis extrema para el modelado de equilibrio hidrológico es el mínimo estimado para el aumento de temperatura, ya que esto reduciría la evaporación al mínimo y, por lo tanto, aumentaría al máximo el volumen exigido de almacenamiento. El aumento mínimo estimado de 0,35°C durante los próximos 30 años no es suficiente para causar impacto alguno de importancia con respecto a la evaporación. Por lo tanto no es necesario ajustar el modelo hidrológico de manera de tomar en cuenta el cambio de temperatura.
- El cambio máximo estimado en lluvia anual causado por el calentamiento de la Tierra durante los próximos 30 años es del 1%. Por lo tanto no hay necesidad de repetir la simulación del sistema de manejo hidrológico para tomar en cuenta este efecto. El efecto del cambio climático será insignificante.
- El efecto del aumento estimado en la intensidad de los temporales debido al calentamiento de la Tierra ha sido evaluado utilizando el resultado de un análisis de sensibilidad. El resultado indica que este aumento en la intensidad de los temporales no tendrá impacto alguno de importancia sobre la capacidad de almacenamiento exigida para el sistema de manejo hidrológico de Jabiluka.

Evaluación del riesgo de la propuesta presentada por la empresa ERA

- Se ha realizado una evaluación del riesgo con respecto al sistema de manejo hidrológico propuesto por la empresa ERA para la mina Jabiluka. En este contexto, es importante notar que los residuos no se almacenarán en la superficie. El riesgo principal que debe evaluarse es el posible impacto sobre la población y sobre los ecosistemas corriente abajo que surgen de emisiones no planeadas de agua que ha estado en contacto con el mineral de uranio.
- Al llevar a cabo la evaluación del riesgo se han realizado estimaciones de las concentraciones de solutos en escorrentías provenientes del acopio de mineral. Se considera que todas estas concentraciones son valores estimados máximos y es probable que algunas de ellas se hayan sobreestimado de manera significativa.
- La evaluación del riesgo incluyó una situación de eventual emergencia en la que la escorrentía acumulada proveniente de la zona de captación del estanque de almacenamiento de agua de Jabiluka excedía la capacidad del estanque, y el exceso de agua de la Zona de Confinamiento Total se desviaba permitiéndosele fluir libremente hacia el Arroyo Swift. También se evaluó el riesgo ambiental relacionado con una falla estructural del estanque de almacenamiento de agua resultante del rebosamiento del estanque, la falla estática del terraplén construido o un terremoto de importancia.

Riesgos planteados al exceder la capacidad de almacenamiento de agua disponible

- Se han llevado a cabo estimaciones de la exposición a la radiación que afectaría a miembros del público causada por una época de lluvias excepcional en la que la capacidad del almacenamiento del estanque de retención de agua se excediera y el exceso se vertiera al Arroyo Swift. La probabilidad de que cualquier miembro del público pudiera recibir una dosis de radiación de 20mSv en una ocasión durante los 30 años de vida de la mina sería menor que 1 en 10.000. La dosis máxima anual recomendada por la Comisión Internacional de Protección Radiológica para miembros del público es de 100mSv. Por lo tanto se concluye que el sistema de manejo hidrológico propuesto por la empresa ERA para Jabiluka presenta un riesgo radiológico insignificante a la población que vive en los alrededores de la mina y consume alimentos tradicionales provenientes de los cuerpos de agua localizados aguas abajo de la mina.
- También se han llevado a cabo estimaciones de los efectos probables sobre animales acuáticos causados por una estación de lluvias excepcional en la que la capacidad del almacenamiento del estanque de retención de agua se excediera y el exceso se vertiera al Arroyo Swift. La evaluación

incluye tanto la exposición química como la radiológica. Se llega a la conclusión que en circunstancias normales no se espera efecto alguno sobre los animales acuáticos del Arroyo Swift aguas abajo de la Mina Jabiluka aun cuando el volumen de exceso de agua vertido tiene una probabilidad de excedencia de 1 en 50.000 durante la vida de la mina. Si la descarga es causada por un acontecimiento pluvial extremo con una probabilidad de excedencia mucho mayor que 1 en 100 a fines de una temporada de lluvias en la que la lluvia tiene una probabilidad de excedencia de 1 en 1.000, pueden presentarse algunos efectos adversos en los invertebrados pero no se esperarían efectos adversos en peces. Cualquier efecto adverso sobre los invertebrados sería de muy poca duración.

Riesgos relacionados con el rebosamiento del estanque de almacenamiento de agua

- Se estima que la probabilidad de rebosamiento del estanque, al no haberse tomado medidas de emergencia, es de 5 en 10.000. Se presumió que el rebosamiento del estanque resultaría en una total falla estructural del terraplén. Se estima que de haber un acontecimiento de este tipo, la población estaría expuesta a un nivel de radiación de 150mSv. Entonces, aún en el caso de un acontecimiento tan catastrófico, no se espera que la dosis recibida por miembros del público exceda el 15% del límite anual recomendado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.
- Se esperaría que la concentración de uranio en el Arroyo Swift posterior al rebosamiento del estanque de retención y la subsiguiente falla total de las paredes del dique dieran lugar a efectos adversos en algunos invertebrados acuáticos en el arroyo aunque no se estiman efectos adversos en los peces.
- Hay un riesgo de aproximadamente 5 en 10.000 de que, luego de haber rebalsado el estanque de retención de agua, los animales acuáticos en un área de aproximadamente el 1% de la llanura aluvial de Magela presentaría algunos efectos adversos. Los peces y muchas otras especies no se verían afectados. Es posible que entre 2 Km² y 20 Km² persistan los efectos adversos pero más allá de los 20 Km² no se debería observar efecto alguno. Asimismo cualquier efecto sería transitorio y el sistema se recuperaría totalmente luego de haber recibido las aguas naturales del Arroyo Magela.
- Si se instalara un vertedero diseñado y construido en forma adecuada en la pared del estanque de retención se evitaría la destrucción del dique causada por el rebosamiento. Esto ocasionaría la pérdida de volúmenes mucho más bajos de agua durante un período más largo y protegería totalmente el Arroyo Swift y la llanura aluvial de Magela en las condiciones que se consideran aquí. Se recomienda que dicho vertedero se incorpore en el diseño del estanque de retención.

Riesgos relativos al derrumbe de la ladera del terraplén del estanque de almacenamiento de agua

- Se estima que la probabilidad del derrumbe de la ladera sería menor que la probabilidad de rebosamiento la cual fue estimada más arriba como 5 en 10.000. La estimación del impacto ecológico que se plantea más arriba para el rebosamiento también se aplicaría al derrumbe de la ladera, ya que el derrumbe sólo ocurriría bajo circunstancias similares a las consideradas para el rebosamiento.

Riesgos relacionados con terremotos de importancia

- La probabilidad de una falla estructural del estanque de retención de agua causada por un terremoto de importancia se ha estimado en 5 en 10.000 durante el período de la vida de la mina. Al calcular esta cifra, solamente se consideraron terremotos a nivel local y regional. Los grandes terremotos que con frecuencia ocurren en la zona distante del Mar de Banda, en Indonesia, deberían tomarse en cuenta en el diseño del estanque de retención de agua debido a que ocasionan muchos ciclos de movimiento de tierra. Se recomienda que la empresa ERA encargue dicho estudio en la etapa de diseño detallado del proyecto Jabiluka.
- El riesgo de exposición a la radiación que afectaría a miembros del público ocasionada por ese tipo de terremoto sería muy bajo. Se estima que el nivel de radiación es de aproximadamente 30 mSv con un margen de probabilidad de 1 en 10.000. Se calcula que el nivel de exposición más alto, que es menor de una décima del límite aceptado internacionalmente, tiene una probabilidad de excedencia extremadamente pequeña.

- Para un terremoto que ocurra durante la época de lluvias, el área máxima de la llanura aluvial de Magela donde se esperarían efectos adversos en algunos invertebrados acuáticos, es de aproximadamente 1,5 Km² aunque la probabilidad de que esto ocurra es extremadamente pequeña. El área afectada a un nivel de probabilidad de 1 en 10.000 es menor que 0,5 Km², lo cual es menor que el 0,3% del área de la llanura aluvial. Al mismo nivel de probabilidad podría haber efectos residuales para algunas especies de invertebrados hasta una zona de aproximadamente 5 Km². Aun dentro de estas áreas, el impacto sería pequeño (por ejemplo, los peces no se verían afectados) y el sistema se recuperaría totalmente luego de haber recibido las aguas naturales del sistema de Magela.
- Si el terremoto ocurre en la época de sequía, el área de impacto sería mayor. Sin embargo, la probabilidad de que esos efectos ocurran es muy baja y el sistema se recuperaría durante la subsiguiente época de lluvias.

Medidas de emergencia

- Se recomienda que la escorrentía del acopio de mineral se aisle de la escorrentía proveniente del resto de la Zona Total de Confinamiento de manera que esté siempre dirigida hacia el estanque de retención de agua mientras que, bajo condiciones extremas, la escorrentía proveniente del resto de la Zona de Confinamiento Total se desvíe del estanque de almacenamiento. Esta medida disminuiría aún más el riesgo relacionado con exceder la capacidad del estanque de almacenamiento.
- Se recomienda que el estanque de retención de agua se construya con un vertedero debidamente diseñado para asegurar que aún cuando fallaran las medidas de emergencia, la estructura del estanque se mantenga incólume cuando se llegue al nivel de rebosamiento. Esto disminuiría significativamente el impacto causado por un posible rebosamiento ya que solamente se descargaría un pequeño volumen de agua al medio ambiente y no toda el agua del estanque.

Almacenamiento a largo plazo de los residuos

Erosión a largo plazo de los residuos

- Una vez que se efectúe el relleno y cierre de la mina Jabiluka, luego de finalizar las actividades mineras, el único mecanismo para la dispersión física de los residuos sólidos será mediante la erosión del fondo rocoso suprayacente. Como el hueco de la mina y los silos de residuos estarán a 100m de profundidad y la parte superior de estas instalaciones de almacenamiento estará bajo el nivel del mar, será necesario que toda la masa geológica sea erosionada, y para esa época ya no existirían los humedales de Kakadu. Por lo tanto, la dispersión física de los residuos no plantea riesgo alguno a los humedales de Kakadu.
- Harían falta 2 millones de años para lograr la erosión del fondo rocoso colocado sobre los residuos localizados en el hueco de la mina y los silos. Por lo tanto, el excedente de las concentraciones de toda la progenie radiactiva se habrá desintegrado totalmente para la época en que los residuos queden expuestos y entonces estarán en equilibrio con el uranio residual.
- La dispersión a muy largo plazo de los residuos no representará un peligro para las generaciones futuras.

Características hidrogeológicas de la zona

- La permeabilidad de la formación pizarrosa de Cahill, que se halla al Oeste del yacimiento mineral es significativamente mayor que la de la piedra arenisca de Kombolgie que se halla al Este del mismo. Por este motivo, se recomienda que los silos adicionales de residuos se excaven en la piedra arenisca de Kombolgie, al Este del yacimiento, tal como la empresa ERA lo tiene planificado actualmente. Esta opción de ubicación disminuirá los probables impactos ambientales.
- La excavación de los silos generará una mayor cantidad de material en la superficie. Sería preferible que los silos se colocaran en la roca arenisca en lugar de la formación pizarrosa ubicada en el Oeste a efectos de disminuir los riesgos ambientales en la superficie, ya que la roca arenisca tiene concentraciones relativamente bajas de sustancias químicas riesgosas. Este material requerirá atención adicional durante la etapa de rehabilitación, aunque será sencillo controlar los posibles impactos sobre las aguas de superficie.

- Las aguas subterráneas son de buena calidad en la proximidad del yacimiento mineral de Jabiluka, localizadas al Oeste en el Mine Valley, y al Este hacia el Arroyo Swift. Las concentraciones de sal soluble son relativamente bajas y las concentraciones de radionucleidos son muy bajas. Se concluye que hay muy poco movimiento de radionucleidos del yacimiento al acuífero subterráneo. Por otro lado, el agua subterránea subyacente a los suelos ricos en sulfatos ácidos de la llanura aluvial de Magela tiene mucha salinidad, es ácida y tiene una alta concentración de sulfatos. Se observan concentraciones de sulfato natural de hasta un tercio de la concentración de sulfato prevista en los residuos de Jabiluka.

Modelado de la dispersión de solutos en aguas subterráneas

- Se utilizó un modelo bidimensional de elemento finito para determinar la dirección del flujo, la distribución de la presión de agua subterránea y la gama de las velocidades.
- Se usó un modelo tridimensional numérico para el transporte de solutos a efectos de determinar las concentraciones de solutos filtradas de la pasta de los residuos para usarlas como fuente de concentración en un modelo analítico.
- Se usó un modelo analítico de transporte de contaminantes para determinar las concentraciones causadas por advección, dispersión en tres direcciones coordinadas y retardo. El modelo usó como fuente de información la gama de velocidades y las concentraciones de fuentes determinadas a partir de los dos primeros modelos. Este modelo se combinó con los cálculos de Monte Carlo para determinar los perfiles de concentración para un vasto número de valores para diferentes parámetros dentro de gamas selectas.

Propiedades y elementos constitutivos de los residuos

- A pesar de que la información disponible con respecto a los residuos de Jabiluka es limitada, ya que la mina no está funcionando, se han estudiado ampliamente las propiedades físicas en Ranger. El mineral en Jabiluka y en Ranger se origina en la misma formación geológica y será objeto del mismo proceso de tratamiento. Por lo tanto, se espera que los residuos de ambas minas tengan propiedades físicas y químicas similares.
- La labor llevada a cabo como parte de este estudio demuestra que es deseable lograr una permeabilidad de los residuos de menos de 10⁻⁹ m/seg. Basándose en la investigación llevada a cabo con respecto a los residuos de Ranger, se concluye que el 99% de los residuos sin cementar en los silos de Jabiluka tendría una permeabilidad de menos de 10⁻⁹ m/seg. Se espera obtener resultados similares para residuos provenientes del hueco de la mina, pero se deberá tener cuidado en la ubicación de los residuos en el hueco de la mina a efectos de evitar segregación y amplios huecos remanentes.
- La investigación efectuada en otros lugares con respecto al efecto del cementado de la pasta de residuos indica que la permeabilidad de los residuos se reducirá aún más y podría aún alcanzar permeabilidades que sean menores que las de residuos normales por un factor de 1.000.
- El agregado de cemento a los residuos resultará en condiciones altamente alcalinas lo que reducirá la disponibilidad de metales y radionucleidos para su dispersión de la masa de residuos a las aguas subterráneas.
- La conclusión de este estudio es que hay una alta probabilidad de lograr una permeabilidad de los residuos cementados que sea menor de 10⁻⁹ m/seg.

Concentraciones previstas de solutos en el medio ambiente

- El modelado de concentraciones de solutos en el acuífero profundo que se halla al Este de los depósitos de residuos en la dirección del Arroyo Swift pronostica que, luego de 200 años, las concentraciones de sulfato no deberían exceder los 20 mg/L aún a 100 m de distancia de los depósitos. No se espera que el uranio se deslice más de 50 metros en 1.000 años y para el radio esta distancia es de 15 metros. La distancia máxima de desplazamiento del uranio en una hipótesis extrema (y de probabilidad mucho menor) que se consideró en el análisis de Monte Carlo es de 300 metros. Las concentraciones de uranio y radio a estas distancias serán insignificantes si se comparan con las concentraciones naturales.

- Se espera que el movimiento de solutos al Oeste de los depósitos sea más rápido debido a la mayor permeabilidad de los esquistos comparada con la de la piedra arenisca. Los cálculos de Monte Carlo indican una probable distancia migratoria de 500 metros luego de 200 años para los solutos no reactivos, incluyendo el sulfato, aunque las distancias mayores también son posibles. Los solutos provenientes de residuos estarían entrando en un área de agua que ya tiene muy poca calidad, donde las concentraciones de sulfato natural se encuentran en una gama de 1.500 a 7.000 mm/L, de manera que el impacto de la migración de agua del depósito de residuos sería insignificante. Asimismo, la llanura aluvial tiene como base arcillas de baja permeabilidad lo que actúa como elemento limitante de cualquier posible surgimiento de aguas subterráneas hacia las aguas de superficie.
- Los cálculos de Monte Carlo indican que es probable que el uranio se desplace hasta 200 metros en dirección Oeste en 1.000 años, en cuyo punto la concentración se habría reducido a menos de 1 mBq/L, una concentración que es significativamente menor que las concentraciones naturales en la región. Los cálculos demuestran que la migración de uranio de hasta 1.200 metros es posible pero que la probabilidad de que suceda es muy baja. Se concluye que el radio y el uranio permanecerán a niveles de fondo en la llanura aluvial de Magela.
- El modelado de aguas subterráneas indica que el componente ascendente del flujo de las aguas subterráneas es débil tanto en el movimiento de aguas subterráneas que existe al Este hacia el Arroyo Swift como hacia el Oeste hacia la llanura aluvial de Magela. Se ha encontrado que el flujo es predominantemente horizontal lo que implica que la mayoría de los solutos provenientes del depósito de residuos permanecerá en el acuífero profundo y se desplazará bajo la llanura aluvial hacia el mar y que sólo una pequeña fracción de las aguas subterráneas del acuífero más profundo tendrá acceso a las aguas de superficie. Todas las concentraciones de aguas subterráneas calculadas que se mencionan más arriba se refieren a concentraciones del acuífero profundo. Las concentraciones del acuífero superficial que surgen de los depósitos de residuos serán insignificantes.
- La conclusión general es que no se perjudicará a los humedales de Kakadu como resultado de la dispersión de elementos residuales de las aguas subterráneas.

Evaluación del riesgo del almacenamiento a largo plazo de residuos

- No se ha llevado a cabo una evaluación del riesgo con respecto al impacto probable en la población y en los humedales del Parque Nacional de Kakadu causado por el almacenamiento a largo plazo de residuos en el hueco de la mina y en los silos, en la medida que se ha llevado a cabo para el almacenamiento de uranio en la superficie.
- Llevar a cabo tal evaluación requeriría la ampliación del análisis de dispersión de aguas subterráneas al pronóstico cuantitativo, utilizando los métodos del análisis de Monte Carlo para las concentraciones de solutos en las aguas de la llanura aluvial de Magela y la probabilidad en la que dichas concentraciones ocurrirían. La variedad y calidad de la información hidrogeológica existente no posibilita que se lleve a cabo un análisis tan detallado.
- Sin embargo, los análisis de Monte Carlo para las concentraciones de solutos en el acuífero profundo y la información sobre el componente vertical del flujo de aguas subterráneas demuestran que las concentraciones de solutos provenientes de residuos en las aguas superficiales de la llanura aluvial de Magela permanecerán en sus valores naturales y no se verán afectadas por la dispersión de solutos provenientes de los depósitos de residuos.

Temas generales relacionados con la protección ambiental

Protección del ambiente en la región de Alligator Rivers

- El régimen de protección ecológica que el gobierno de Australia puso en marcha para la explotación de uranio en Ranger ha sido totalmente coherente con los principios de explotación sostenible y se ha demostrado por medio de un amplio programa de control químico, biológico y radiológico que no ha ocurrido un impacto de importancia bajo dichos principios en la población o los ecosistemas del Parque Nacional de Kakadu durante el funcionamiento de la mina Ranger.

- El mismo régimen regulatorio, aunque intensificado en algunos casos específicos, se aplicaría a la explotación de uranio en Jabiluka.

Opciones para los tratamientos en Ranger y Jabiluka

- El informe de la Misión criticó a la empresa ERA por haber propuesto que se procediera con la opción llamada Alternativa de Tratamiento de Jabiluka (JMA) a pesar de no ser la opción ecológica preferida”. Este estudio, sin embargo, y la evaluación original de la propuesta de JMA por Environment Australia demostraron que, aunque la alternativa de tratamiento Ranger (RMA) es la opción preferida, el riesgo al medio ambiente que ocasiona la opción JMA es mínimo y, en particular, que los humedales del Parque Nacional de Kakadu no se verán amenazados si se procediera con el proyecto.

Ubicación y extensión del yacimiento mineral de Jabiluka

- La extensión del yacimiento número 2 de Jabiluka no ha sido totalmente delineada en cuanto a su profundidad en esa sección del yacimiento del mineral que se halla al Este de la falla de Hegge. Si se procediera con la RMA, la actividad minera en Jabiluka se vería restringida al yacimiento actualmente delimitado y el período de explotación sería de aproximadamente 30 años a menos que el Gobierno Federal diera su aprobación para extraer cualquier reserva adicional luego de su evaluación, en el marco de la *Ley de 1974 de Protección al Medio Ambiente (Impacto de las propuestas)*.
- Si se procediera con la JMA no habría necesidad de una mayor evaluación de una propuesta para explotar reservas adicionales en el marco de la *Ley de 1974 de Protección al Medio Ambiente (Impacto de las propuestas)*.

Análisis panorámico

- Wasson et al (1998) sugirieron que no se había tratado de manera adecuada el tema del paisaje en la propuesta para la mina. La mina de Jabiluka será un punto de impacto con algunos efectos específicos probables, que se tratan en el cuerpo de este informe y que demuestran ser insignificantes. Simplemente no es correcto sugerir que el Informe del Impacto Ambiental (EIS) y el Informe Ambiental destinado al Público (PER) son inadecuados porque no han considerado los probables impactos que afectarían la totalidad del Parque Nacional de Kakadu. Por lo tanto se rechaza la afirmación de que hace falta que el modelado contextual de la mina sea más amplio de lo que es en la actualidad.

Suelos ricos en sulfato ácido

- No se justifican las inquietudes expresadas por Wasson et al (1998) de que los metales pesados desprendidos de la mina en forma accidental pudieran ser desplazados por suelos ricos en sulfato ácido hacia los ecosistemas localizados abajo y que el bombeo de agua desde una represa natural (*billabong*) podría generar un aumento en el nivel de acidez en las aguas de superficie. La experiencia de la Mina Ranger ha demostrado que cada vez que ha ocurrido un escape accidental, la cantidad total de metales descargados es extremadamente pequeña si se la compara con la carga de metales naturales en los suelos de la llanura aluvial. Se ha retirado la propuesta previa para restablecer el antiguo campo de Ja-Ja y no hay planes para bombear grandes cantidades de agua desde la represa natural.

Rehabilitación de la zona de arriendo de Jabiluka

- Se requiere que la empresa ERA efectúe la rehabilitación del terreno de la mina Jabiluka para establecer un medio ambiente en la zona de arriendo que refleje la ecología existente en la región aledaña del Parque Nacional de Kakadu al máximo de lo que pueda razonablemente lograrse. La intención es que la zona rehabilitada pueda ser incorporada al Parque Nacional de Kakadu sin perjudicar los valores del parque.
- El gobierno ha establecido mecanismos sólidos de manera que se logren estos objetivos de rehabilitación aún si la empresa queda en estado de insolvencia y deja de operar antes de haber completado la rehabilitación adecuada del terreno.

Transporte de uranio desde la Mina Jabiluka

- El transporte del uranio elaborado de Jabiluka al Puerto de Darwin a través del Parque Nacional de Kakadu está regido por la legislación del Territorio del Norte, lo que incluye el texto total de

las Reglamentaciones de la Agencia Internacional de Energía Atómica para el Transporte Inocuo de Material Radiactivo.

- Para cada remesa de uranio elaborado hay dos remolques de emergencia y equipos capacitados para situaciones de emergencia. Los remolques contienen elementos que permitirían a los equipos recolectar cualquier derrame de uranio elaborado de manera inocua. Los riesgos asociados con los derrames de uranio elaborado han sido cuidadosamente evaluados y se han establecido procedimientos de emergencia de manera que tanto la población como los ecosistemas estén protegidos en caso de accidente.
- Nunca ha habido un accidente de transporte que haya incluido pérdida de uranio elaborado durante la vida de la mina Ranger.

1.4 Conclusiones

Este informe fue preparado a pedido del Comité del Patrimonio Mundial el cual solicitó que el Jefe del Equipo Científico llevara a cabo un estudio exhaustivo de los temas de carácter científico planteados por la Misión del Comité al Parque Nacional de Kakadu en octubre y noviembre de 1998. Incertidumbres percibidas a nivel científico con respecto a la base científica de estos temas llevó a la Misión a concluir que el proyecto Jabiluka ponía en peligro los valores naturales de Kakadu.

Es necesario recalcar que este informe no pretende ser una evaluación exhaustiva del impacto ambiental del proyecto Jabiluka. Existen muchos temas de protección ambiental relacionados con la explotación de Jabiluka que no fueron planteados en el informe de la Misión o en la decisión del Comité del Patrimonio Mundial. Estos temas de más amplio alcance ya han sido abordados en el proceso de evaluación del impacto ambiental llevado a cabo en Jabiluka y están cubiertos por los requerimientos que el Gobierno Federal impuso al dar la autorización para que el proyecto siguiera adelante.

Este informe incluye una revisión minuciosa de todos los temas planteados por el Comité del Patrimonio Mundial y proporciona una evaluación detallada de los riesgos que pudieran correr las personas que viven en los alrededores de la mina y los humedales de Kakadu causados por el almacenamiento de mineral de uranio en la superficie de Jabiluka, el manejo del agua y el almacenamiento de residuos.

Muchos de los temas planteados en el informe de la Misión del Comité del Patrimonio Mundial entran en la categoría de diseño detallado. Esto significa que muchos de los temas ya habían sido identificados por el Jefe del Equipo Científico y otros como temas que la propuesta debía resolver en consulta con funcionarios del Territorio del Norte y el Jefe del Equipo Científico en la etapa de diseño detallado. No obstante, se había llegado a la conclusión de que no había obstáculos insalvables que impidieran lograr un diseño que garantizara el más alto nivel de protección ambiental en el Parque Nacional de Kakadu.

Este minucioso estudio ha demostrado que había una serie de puntos débiles en el modelamiento hidrológico presentado por la empresa ERA en el Informe de Impacto Ambiental (EIS) y en el Informe Ambiental destinado al Público (PER). Por lo tanto, se efectúan una serie de recomendaciones para que ERA las ponga en marcha cuando termine el diseño detallado del proyecto Jabiluka. Por otro lado, este estudio ha demostrado muy claramente que si se *hubiera llevado a cabo* el diseño del sistema de manejo hidrológico propuesto por la empresa ERA en el Informe Ambiental destinado al Público (PER), el riesgo de contaminación ocasionada por radiación hubiera sido extremadamente bajo, tanto para la población de la región como para los humedales del Parque Nacional de Kakadu. Esta conclusión es válida aún en situaciones extremas que llevarían a una falla total en la estructura del estanque de retención de agua en Jabiluka.

Para el lector sin experiencia científica esta será, sin duda, una conclusión sorprendente. El origen de la misma, sin embargo, está fundamentado en el hecho de que el uranio no es una substancia particularmente tóxica para los animales acuáticos. Ya está bien establecido que el uranio tiene una toxicidad mucho más baja que otras substancias más comunes, como por ejemplo cobre, cadmio y plomo. La sociedad cree que el uranio es una substancia extremadamente peligrosa y lamentablemente la comunidad de científicos no ha logrado disuadirla. Esta situación ha llevado a establecer medidas extremas para asegurar que ni una cantidad insignificante de uranio salga del terreno de la mina de

uranio.

De la misma forma, el uranio en su estado natural no ocasiona ningún peligro severo de radiación. Debe controlarse la exposición al uranio y a su progenie radiactiva, pero la radiactividad intrínseca del uranio y sus derivados es lo suficientemente baja como para que sea relativamente sencillo asegurar que las personas no se vean expuestas a niveles perjudiciales. Sólo cuando el uranio se usa como combustible en reactores, las reacciones de fisión provocan un gran número de productos radioactivos que producen altos niveles de radiación ionizada.

Por lo tanto, a nivel de fundamento científico, no hay motivo para que el agua recolectada en Jabiluka no se descargue en la superficie del agua de la llanura aluvial bajo un régimen de control adecuadamente diseñado que brinde protección a la población y a los ecosistemas. La empresa ERA propuso que dichas aguas estuvieran exclusivamente confinadas al terreno de la mina para responder a las inquietudes y percepciones de la sociedad y no a evidencia científica.

También se analizaron los riesgos ecológicos a largo plazo para Kakadu planteados por el almacenamiento de residuos de uranio en Jabiluka. La dispersión física de los residuos tardará millones de años debido a que los residuos se almacenarán a una profundidad importante. Toda la masa geológica deberá ser erosionada, y para ese entonces ya no existirían los humedales de Kakadu. Aún así la amenaza a generaciones futuras es insignificante ya que el excedente de uranio y su progenie radioactiva estarían presentes en bajas concentraciones y estarían mezclados cuando se dispersaran, con el material inerte que rodea al actual yacimiento. Se ha demostrado que la dispersión de radionucleidos y otros elementos de los residuos en las aguas subterráneas no representa amenaza alguna para los humedales de Kakadu o para la población de la zona, ya sea a corto o largo plazo.

La conclusión de este estudio es, por lo tanto, contraria a la opinión expresada por la Misión: los valores naturales del Parque Nacional de Kakadu no se hallan amenazados de manera alguna por la explotación de la mina de uranio Jabiluka y se aplica un alto grado de certidumbre científica a esta evaluación. Por lo tanto no parece tener justificación alguna la decisión del Comité del Patrimonio Mundial de que los valores naturales del Patrimonio Mundial del Parque Nacional de Kakadu se hallan en peligro como resultado de la propuesta de extraer uranio en Jabiluka.