

Análisis estratigráfico en el estudio de los movimientos gravitacionales de la provincia Guantánamo, Cuba.

Stratigraphic analysis in the study of gravitational movements Guantanamo province, Cuba.

Autores: M Sc. José Manuel Cordobés-Pedrianis¹, Dr. C. Mario Alfonso-Mesa¹, M Sc. Guillermo Lemes- Mojena², M Sc. Omar Cantillo-Ferreiro³

Organismo: Órgano de Montaña Nipe Sagua Baracoa, CITMA Guantánamo. Unidad de Medio Ambiente CITMA Guantánamo, Cuba². Delegación del CITMA, Guantánamo, Cuba³.

E-mail: delegadogtm@citma.gtmo.inf.cu, lemes@citma.gtmo.inf.cu

Resumen.

El presente estudio de la estratigrafía de la provincia Guantánamo parte del conocimiento acumulado que se tiene de la región y tiene el fin principal de comprender de forma somera las principales características de los complejos de rocas presentes para establecer criterios de susceptibilidad (en función de las distintas fábricas primarias y secundarias) de los tipos litológicos sobre la ocurrencia de fenómenos exógenos y en especial los movimientos de laderas.

Palabras clave: movimientos gravitacionales; análisis estratigráfico; complejos de rocas; susceptibilidad; movimientos de laderas.

Abstract.

This study of the stratigraphy of the Guantanamo province the knowledge we have accumulated in the region and has the main aim to understand in outline the main features of the complex of rocks present to establish susceptibility criteria (depending on the different primary and secondary) factories lithological types on the occurrence of exogenous events and especially the movements of slopes.

Keywords: gravitational movements; stratigraphic analysis; complexes rocks; susceptibility; slope movements.

Introducción.

No se pueden catalogar los tipos rocosos desde el punto de vista de la susceptibilidad a los movimientos gravitacionales si no se conocen las principales características litológicas y estructurales, así como las posibles variaciones faciales de los conjuntos rocosos y sus relaciones verticales y laterales. En este estudio no se pretendió agotar el tema pero si maximizar el resultado obtenido con el nivel de información existente y fundamentalmente, en la información acumulada en muchos años de trabajo de varios especialistas de Cuba y el mundo; para definir cuáles son las formaciones que por su extensión y variabilidad desde el punto de vista ingeniero geológico y en interés de la tarea planteada, necesita un tratamiento diferenciado y una caracterización especial. Aunque en el trabajo se realizó el estudio de toda la información existente de cada Formación, en este informe solamente se presentan las principales Formaciones que generan las mayores zonas de susceptibilidad a los movimientos gravitacionales.

Hay que partir de que los principales mapas geológicos de la región son de tipo regional, solo permiten establecer pronósticos primarios. La imposibilidad de trabajar con información ingeniero-geológica hace imprescindible el análisis de los tipos formacionales para obtener como primera aproximación las zonas más complejas, donde la incertidumbre de los resultados puede ser mayor y por tanto donde se deberá profundizar en estudios posteriores a mayores escalas y con atributos de mapeo más ajustados a la naturaleza de los procesos evaluados.

El conocimiento de las características de las Formaciones y la utilización de puntos de control tomados de la literatura y de campo permitió definir un conjunto de criterios de interpretación geomorfológicos, morfométricos y fotogeológicos que ayudaron a la interpretación a nivel de pronóstico de las zonas con distinto comportamiento geomecánico y por tanto distinto grado de susceptibilidad ante los procesos exógenos. El poder inferir criterios de dureza, deformación estructural, permeabilidad etc. permite evaluar de forma más objetiva las distintas formaciones y sus subtipos litoestructurales (pronósticos) desde el punto de vista de la susceptibilidad ante los deslizamientos.

Debido a la evolución geológica de la zona de estudio (provincia Guantánamo) se tiene que las rocas más antiguas han estado más expuestas a distintos procesos tectónicos que han afectado la calidad de los macizos rocosos. Estas rocas presentan deformaciones intensas y en algunas formaciones se observan diversos grados de metamorfismo. Debido a estos procesos se modificaron las fábricas secundarias de los tipos rocosos, originalmente similares, estas modificaciones repercuten de manera importante en la resistencia de estas rocas ante los procesos de meteorización, aumento de la permeabilidad y disminución de la dureza.

Desarrollo.

Materiales y métodos

Se utilizaron las recomendaciones dadas en la metodología, el mayor hincapié se realizó en la forma y resolución de las coberturas utilizadas, la obtención de un modelo geológico con valor agregado que permite, aunque someramente, definir las principales formaciones

geológicas que tienen comportamiento geomecánico diferenciado, es el caso por ejemplo del Melange y la Formación Sierra del Purial. Atendiendo a cómo la fábrica primaria y secundaria afectan variables como la dureza y la resistencia a la meteorización se determinaron índices que permiten diferenciar las zonas de rocas más o menos competentes a partir de criterios geomecánicos, morfométricos y estructurales.

Otro elemento que se introdujo en el factor geológico es el referido a la utilización de la densidad de zonas de debilidad estructural analizada en la figura 1.3. Este procedimiento permite no solamente introducir las grandes fallas que aparecen en los mapas geológicos de escalas pequeñas y medias sino además introducir zonas de debilidad estructural que están presentes en los macizos rocosos y que como se analizó anteriormente influyen de forma considerable en la calidad de este, además de influir en la permeabilidad de las rocas y en la acción de los agentes del intemperismo y la formación de grades espesores de corteza de meteorización, muchas veces responsables de los movimientos gravitacionales.

Resultados y discusión

Dado el caso que en Cuba desde el Eoceno Medio tardío se desarrolla un régimen platafórmico se analizarán las características estratigráficas y estructurales partiendo de dos conjuntos bien diferenciados: el basamento y la cobertura de la plataforma.

La principal Formación Geológica para este estudio, sobre todo por su gran extensión y por la complejidad litológica y estructural que presenta, es la Fm. Sierra del Purial (conocida también como Formación La Farola) además de las serpentinitas y rocas serpentinizadas (como parte de antiguas ofiolitas metamorfozadas y de una macromélange), que ocupan principalmente una extensa franja desde la porción centro Norte del límite oriental del valle de Sagua de Tánamo la porción centro Norte del Valle del río Yumurí, formando un arco con orientación del NW al SE casi paralelo al arco de las metamorfitas.

Hacia el centro y norte de la zona de estudio se desarrolla un Macro-Melange con predominio de rocas de una antigua corteza oceánica y restos de rocas del Arco de islas Volcánicas del Cretácico. Son rocas muy deformadas producto del proceso de colisión de las placas tectónica Americana y del Caribe. Aunque los tipos de rocas originales (peridotitas, gabros, basaltos) son competentes, producto de las deformaciones sufridas han cambiado su fábrica secundaria transformándose en distintos tipos litoestructurales con alta anisotropía en cuanto a sus características geomecánicas e hidrogeológicas.

Como parte de las rocas del basamento se incluyen las rocas del Arco de Islas del Paleógeno. Las principales formaciones de este macizo rocoso es la Formación Sabaneta que se caracteriza por la poca complejidad desde el punto de vista estructural y la homogeneidad desde el punto de vista litológico.

Las rocas de la cobertura, son las rocas menos afectadas desde el punto de vista estructural, por lo general los pliegues son suaves de amplio radio y la estratificación es bastante horizontal y pocas familias de grietas. Por su extensión y grado de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de laderas, las formaciones de la cobertura más importantes son la Fm. San Luis y Fm. Maquey. Los mayores deslizamientos reportados en la provincia Guantánamo (por sus dimensiones) están relacionados con estas formaciones. Es muy difícil

diferenciar ambas formaciones en el campo pues presentan características litológicas muy similares por lo general están compuestas por alternancia de areniscas, lutitas y lutitas calcáreas y margas que contienen intercalaciones de espesor variable de calizas biodetríticas. Esta combinación de rocas duras y blandas hace muy susceptibles a estas formaciones, sobre todo cuando aparecen deformaciones producto de agrietamiento o plegamientos, fluido de agua, propiciando la intensificación de procesos de erosión diferencial y a la ocurrencia de deslizamientos.

Principales Formaciones Geológicas presentes en la zona de estudio. Basamento Cretácico.

Rocas del Complejo Metamórfico Fm. Sierra del Purial.

Secuencia Inferior: la Secuencia Inferior está representada fundamentalmente, por esquistos sericíticos, albítico-cuarcíferos, cuarcífero-albíticos y cuarcífero- albítico-cloríticos.

Secuencia Media: su composición fundamental es metandesítica con intercalaciones contrastantes de metadacitas, metaláparita-dacitas y esquistos grafiticos cuarzosos calcáreos.

La mayor participación en la composición de la secuencia Media de la Formación Sierra del Purial la tienen los esquistos cuarcífero-cloríticos, albítico-cloríticos y cloríticos, así como los esquistos grafitizados cuarcífero – cloríticos y cuarcífero-sericíticos.

Secuencia Superior: es de composición mezclada algo complicada por el metamorfismo, con un horizonte característico en su basamento, representado por metalavasandesito-basálticas de colores rojo y verde intensos, finamente estratificadas.

Rocas del Complejo Ofiolítico (Macromelangeofiolítico)

En la Provincia Guantánamo están presentes las rocas del melangeofiolítico. La complejidad geológica en los terrenos de macromelange es estructural y litológica. La estructura brechosa se generó producto de las elevadas compresiones en la zona del frente o inmediatas al frente de colisión. Los macizos rocosos originales se fracturaron, dando lugar a bloques de diferentes dimensiones y a zonas de límite entre los bloques, caracterizadas por un alto nivel de trituración (áreas de budinas y esquistosidad).

El movimiento de las masas rocosas fracturadas, debió darse en planos sub-horizontales o con ángulos relativamente bajos (hasta 30 grados), por lo que los conjuntos principales de grandes bloques, deben estar separados en profundidad por zonas principales de budinage y esquistosidad. Esta hipótesis es contraria a la falsa idea, que se tienen en ocasiones, de que en los llamados “macizos ultramáficos” la roca está más conservada en las zonas más profundas. El macromelange en si es una mezcla tectónica caótica y por lo tanto en su conjunto se comporta como un sistema caótico donde no se cumplen los principios de continuidad lateral ni de superposición.

En los bloques macizos de grandes y mediana dimensión que componen el macromelange es posible la ocurrencia de rocas poco metamorizadas (peridotitas poco serpentizadas) hacia partes centrales mientras que hacia la periferia de los mismos el grado de serpentización aumenta. Es notable que los conjuntos de fábricas desde brechosas hasta esquistosa presentan un alto o total grado de serpentización lo que induce a que el proceso

de metamorfismo por serpentización estuvo íntimamente ligado al de formación del mélangé y que ambos son contemporáneos.

1. Esquisto serpentinitico

Un elemento importante de esta fábrica es que se asume cuando la roca ha perdido la fábrica primaria de la roca original. Presentan una dureza blanda. Por lo general en las grietas y planos de esquistosidad se observa humedad. Las grietas aparecen juntas y muy juntas con una continuidad de alta a muy alta predominando las de abertura cerrada y en menor medida abiertas, la rugosidad es escalonada rugosa y ondulada rugosa.

2. Serpentinitas esquistosas y budinadas

Se caracteriza por la presencia de serpentinita esquistosa, plegada con budinas de serpentinita, (en ocasiones pueden estar presentes algunas budinas de gabros y diabasas) espaciadas de tamaño medio a grande. Las serpentinitas esquistosas presentan una dureza baja y las budinas son de dureza media. El grado de meteorización es de la categoría II (algo meteorizada), en las grietas y planos de esquistosidad se observa humedad.

Las grietas aparecen juntas y muy juntas con una continuidad de alta a muy alta predominando las de abertura cerrada y en menor medida abiertas, la rugosidad es escalonada rugosa y ondulada rugosa.

Las budinas por lo general son rocas más duras que la zona que la bordea que son esquistosas, desde el punto de vista ingeniero-geológico este es un factor desfavorable toda vez que las budinas pueden volverse inestables cuando se excavan y pierde su confinamiento natural. En esta fábrica la zona esquistosa predomina sobre la parte budinada por lo tanto hay que tener en cuenta que se va a avanzar sobre una tipo de roca blanda a muy blanda en algunos sectores y van a parecer bloques alargados de rocas de dureza media.

La presencia de humedad en esta litología puede aumentar la posibilidad de inestabilidad de las laderas y taludes, por lo que deberá prestarse especial cuidado en estas zonas.

3. Serpentinita budinada y foliadas

Se caracterizan por el predominio de budinas de serpentinitas sobre la matriz esquistosa a brechosa fina de serpentinita, aparecen pequeños pliegues. La dureza de las budinas es mediana y de las foliadas son blandas. Ambas están algo meteorizadas. En las grietas en ocasiones se observa humedad, estas se encuentran muy juntas a juntas con una continuidad de alta a muy alta, con abertura predominantemente del tipo cerrada y en menor medida abierta, la rugosidad de las superficies de agrietamiento va de escalonada rugosa a ondulada rugosa.

En esta litología las características ingeniero-geológicas aunque son más favorables que la anterior, las dificultades por su estabilidad deben ser similares aunque en menor magnitud. Otros factores como el agrietamiento y el plegamiento de estas rocas deberán ser analizados casuísticamente.

4. Serpentinita brechosa media

Se caracterizan por presentar bloques brechosos de tamaño medio entre 10-30 cm. Por su dureza se clasifican con rocas medias a blandas, algo meteorizadas. Es posible la circulación de agua por las zonas de mayor agrietamiento. Las grietas están separadas, tienen una continuidad alta, son abiertas y sus planos son ondulados rugosos y escalonados- rugosos.

Este tipo de litología es más estable, no obstante este efecto puede empeorar cuando actúan factores como la circulación de agua. Aunque los bloques son mayores, el agrietamiento abierto es un factor desfavorable desde el punto de vista de la estabilidad.

5. Serpentinita brechosa gruesa

Se caracteriza por el predominio de los bloques grandes con dimensiones de 30-100 centímetros. La dureza es predominantemente media, presentándose por lo general algo meteorizada, con y sin presencia de humedad. Las grietas se encuentran muy separadas con una continuidad muy alta, por su abertura pueden ser abiertas y anchas; la rugosidad predominante es la ondulada rugosa y escalonada rugosa.

6. Serpentinita maciza brechos

Se caracteriza por estar dividida en bloques muy grandes con dimensiones mayores de 100 centímetros con una dureza media y un grado de meteorización medio. Excepcionalmente en alguna grieta abierta se localiza humedad o goteo de agua. El agrietamiento se presenta con un espaciado muy separado con una continuidad alta, la abertura es abierta a ancha y la rugosidad es escalonada rugosa a ondulada rugosa.

Basamento Paleógeno

1. Formación Sabaneta. (sn)

Edad: Paleoceno Inferior (Daniano parte alta)- Eoceno Medio.

Litología diagnóstica: Tobas vitroclásticas, litovetroclásticas, cristalovetroclásticas con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, aleurolitas, margas, gravelitas, conglomerados vulcanomícticos y ocasionalmente pequeños cuerpos de basaltos, andesitas, andesito- basaltos y andesito- dacitas. Es muy característica debido a la alteración de las tobas con la presencia de minerales del grupo de la montmorillonita (bentonita) y de las zeolitas (zeolitas).

Relaciones estratigráficas: Yace concordantemente sobre la Fm. Gran Tierra y discordantemente sobre la Fm. Mícara. Es cubierta concordantemente por las formaciones Puerto Boniato y Sierra de Capiro y discordantemente por las formaciones Charco Redondo, Mucaral, San Ignacio y San Luis. Transiciona lateralmente a la Fm. San Ignacio.

2. Carretera Sabaneta-Sagua de Tánamo

Se caracteriza por la poca variabilidad lateral y vertical de las litofacies estando compuesta esencialmente por tobas vitrias de grano fino con grado de alteración diverso tanto arcillosa como zeolítica. El grado de deformación de esta secuencia es medio, aumentando hacia los contactos tectónicos con fallas activas, caracterizándose por la presencia de pliegues

continuos y un agrietamiento vertical o subvertical. Toda la secuencia está bien estratificada y las diferentes litologías que las componen son resistentes a los procesos meteóricos.

En la zona de Bahía de Mata

Aparece en la zona en forma de una mancha hacia la parte centro – meridional contactando con las formaciones cabo Cruz, Capiro y Cabacú. Este último contacto es tectónico.

Está constituida por tobas ácidas, con predominio de las variedades vitroclásticas y litovetroclásticas, a veces, los estratos son gruesos, pero generalmente son de 1 – 25 cm de espesor.

Tienen amplia distribución las calizas, margas, tufitas y aleurolitas de grano fino. En ocasiones las rocas calcáreas predominan sobre las tobas como se observa hacia la localidad de Cueva Fría. Las tobas y margas son muy ligeras. Son rocas muy ligeras y porosas y de muy baja dureza por lo que son fácilmente erosionables. Sus contactos con las rocas que la sobreyacen e infrayacen son generalmente discordantes estratigráficamente aunque raramente son tectónicos.

Potencia: máxima 250 m, aunque como regla es de 60 – 80 m.

Edad: Eoceno (inferior – medio).

Cobertura

1. San Luis, Formación. (sl)

Litología diagnóstica: Areniscas polimícticas, limolitas, margas, arcillas, calizas arcillosas, calizas biodetríticas, calizas arenosas y conglomerados polimícticos. Se encuentra bien estratificada. En dirección hacia la parte superior del corte se observa un aumento de la cantidad del material clástico. Se encuentra cortada por diques y cuerpos de basalto. Sus depósitos aparecen ligéramente plegados.

Relaciones estratigráficas: Yace concordantemente sobre las formaciones Charco Redondo, El Caney, Farallón Grande y Puerto Boniato y discordantemente sobre las formaciones Sabaneta, San Ignacio, Sierra del Purial y el Grupo El Cobre (parte indiferenciada). Está cubierta concordantemente por la Fm. Camarones con la cual transiciona lateralmente también y discordantemente por las formaciones Cabacú, Cauto, Río Maya y los grupos Guacanayabo (formaciones Manzanillo, Sevilla Arriba y el Mbro. Rolanda de la Fm. Cabo Cruz), Guantánamo (Fm. Yateras y los miembros Baitiquirí de la Fm. San Antonio; Gobernadora de la Fm. Maquey; Guardarraya y Yacabo de la Fm. Punta Imías) y Nipe (formaciones Bitirí y Camazán).

Edad: Eoceno Medio parte alta- Eoceno Superior.

Espesor: 700 m.

En la zona Guantánamo es descrita por Cobiella y Quintas como:

En la región centro-norte y suroriental de la provincia Guantánamo, la formación aflora en Cajobabo e Imías al sur de la Sierra del Purial, en la cabecera del río Sabanalamar-Dos Brazos y en la Sierra de Yateras.

Imías- Cajobabo: presenta gran cantidad de areniscas y conglomerados con una marcada ciclicidad con ciclos de dos magnitudes menores con potencia de 4-5m y mayores con varias potencias de varias decenas de metros.

En Dos Brazos. Aflora en una pequeña área y está constituida por margas.

Formación Maquey (mq)

Litología diagnóstica: Alternancia de areniscas, limolitas y arcillas calcáreas de color gris y margas de color blanco a crema que contienen intercalaciones de espesor variable de calizas biodetríticas, calizas arenáceas y calizas gravelíticas de colores blanco amarillo y crema, ocasionalmente amarillo grisáceo. La estratificación es fina a media, menos frecuentemente gruesa o masiva. Algunos horizontes, particularmente de limolitas y calizas biodetríticas son fosilíferos, siendo abundantes las grandes *Lepidocyclina*. Otros horizontes contienen yeso, lignito y restos vegetales lignitizados.

Relaciones estratigráficas: Yace paradiscordantemente sobre la formación San Luis.

Está cubierta concordantemente por las formaciones Yateras y transiciona lateralmente con la Fm. Yateras.

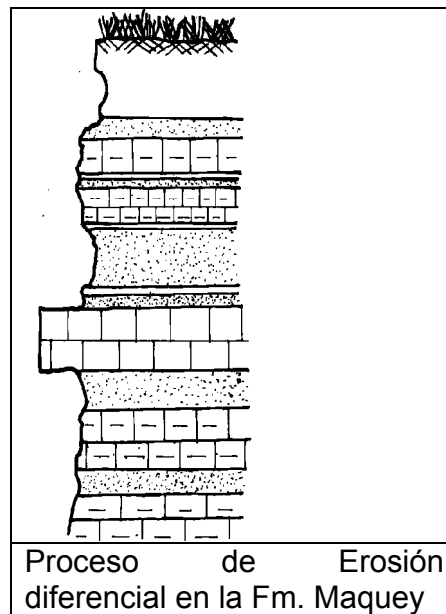
Correlaciones: Es correlacionable con las formaciones Bitirí de Cuba Oriental; Cabacú, Yateras de Cuba Oriental.

Edad: Oligoceno Superior - Mioceno Inferior parte baja.

En la provincia Guantánamo ha sido estudiada Cobiella y Quintas en Arenal de Yatera y en la zona de Felicidad de Yatera y Palenque

Arenal de Yatera: Alcanza una potencia de 840m. En la base de la Fm aparece un conglomerado con cantos de piroxenitas de matriz arenosa y cemento hematítico que se extiende por el sur de arenal desde Quiebra Hacha al sur del El Cilindro. Más arriba yacen conglomerados finos, areniscas y margas bien estratificadas, muy deleznales. Las areniscas son algo calcáreas con cemento hematítico y contienen granos de cuarzo, epidota, talco fragmentos de ultramafitas, piroxenos y asbesto. Al sur del Arenal en las cabeceras del arroyo de ese nombre entre las areniscas aparecen algunas capas de carbón.

En la parte superior del corte la estratificación se hace más gruesa y el corte es coronado con calizas arrecifales masivas que forman los farallones de la mesa del Falcón.



En la carretera Guantánamo a Bernardo se presentan numerosos afloramientos de la Fm Maquey. Subiendo desde Yateras hasta la Clarita afloran margas de color amarillo estratificación gruesa intercaladas con areniscas arcillosas calcáreas de grano medio a grueso con fragmentos de gabros y serpentinitas bien estratificadas. Cerca de la cima de la meseta al NE de Yateras están expuestas calizas arrecifales masivas, (Km. 38 de la carretera), sobre la que yacen conglomerados compuestos por clastos de calizas, serpentinitas y gabros bien seleccionados y orientados con matriz arenosa; cubriendo estas rocas yace un conglomerado de serpentinitas que ocupan una gran área en la cuenca.

De la Clarita a la Coralina se repite la misma secuencia descrita anteriormente pero con la diferencia de presentar varios pliegues con amplitudes que oscilan desde algunos metros hasta decenas de metros y muchas fallas de pequeño desplazamiento.

Un elemento que puede utilizarse para diferenciar a la Fm. Maquey de la Fm San Luis es la presencia en la primera de clastos de serpentinitas y gabros.

Conclusiones.

- La principal Formación Geológica a tener en cuenta en este estudio, dada su gran extensión y por la complejidad lito - estructural que presenta, es la conocida como Sierra del Purial (Formación La Farola, según otros autores) además de las serpentinitas y rocas serpentinizadas (como parte de antiguas ofiolitasm metamorfozadas y de una macromélange), que ocupan principalmente una extensa franja desde la porción centro Norte del límite oriental del valle de Sagua de Tánamo la porción centro Norte del Valle del río Yurumí, formando un arco con orientación del NW al SE casi paralelo al arco de las metamorfitas.
- Las rocas de la cobertura, son las rocas menos afectadas desde el punto de vista estructural, por lo general los pliegues son suaves de amplio radio y la estratificación es bastante horizontal con pocas familias de grietas. Por su extensión y grado de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de laderas, las formaciones de la

cobertura más importantes son la Fm. San Luis y Fm. Maquey. En estas han sido reportados los mayores deslizamientos en la provincia Guantánamo

Bibliografía.

- Almaguer (2005). Evaluación de la susceptibilidad del terreno a la rotura por desarrollo de deslizamientos en el yacimiento punta gorda.
- Baum, R. L., Godt, J. W. (2009). Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in the USA, *Landslides*, 7, 259–272, on-line publication DOI 10.1007/s10346-009-0177-0, Springer-Verlag, 14.
- Castellano et al. (2000). Design of a GIS-based System for Landslide Hazard Management San Antonio del Sur.
- Castellano, et al. (2011). Guía de estudio PVR de deslizamientos de terreno. AMA.
- Cobiella et al. (1984). Geología de la región Central y Sur Oriental de la Provincia Guantánamo.
- Guasch, F. (2011). Conferencias sobre Gestión de Riesgos en Centro América.
- Pilar, Andrés (2008). Evaluación y Prevención de Riesgos Ambientales en Centro América.

Fecha de recibido: 16 jul. 2014
Fecha de aprobado: 13 sep. 2014