

Metodología de Detección de Cambio con Imágenes de Radar

Methodology for Change Detection in Radar Image

María G. Machado; *Investigadora* – ABAE, Gabriela Quintana; *Investigadora* - FUNVISIS

Resumen— La detección de cambios oportuna y precisa de las características de la superficie de la Tierra proporciona la base para una mejor comprensión de las relaciones e interacciones entre los fenómenos humanos y naturales para mejorar la gestión y el uso de los recursos. De acuerdo al potencial energético que tiene nuestro país se plantea el desarrollo de un modelo de aprovechamiento de los recursos minerales acorde con los principios de desarrollo del ecosocialismo, cultura, tradiciones y costumbres ancestrales e integralidad social y productiva, así como la preservación de otros recursos estratégicos, la diversidad biológica y las aguas. Es por esta razón que se crea la zona de desarrollo estratégico nacional Arco Minero del Orinoco, para el estímulo sectorial de las actividades asociadas a los recursos minerales, con criterio de soberanía, sustentabilidad y visión sistémica de planes sectoriales y espaciales de la nación, acordes con el Decreto con Rango, Valor y fuerza de la Ley de Regionalización Integral para el Desarrollo Socio Productivo. El objetivo principal de este documento es mostrar los resultados de la aplicación de la metodología de detección de cambios en imágenes de radar sobre uno de los bloques del Arco Minero del Orinoco con el fin de identificar las posibles zonas que han tenido cambio debido a la actividad minera, por lo que se trabajó tres métodos de detección: cambio de la retrodispersión de los elementos dentro de la escena, visualizado en combinación RGB y; segmentación de cambios a través de umbrales, con pares de escenas de imágenes ALOS PALSAR con una temporalidad de 3 años.

Palabras clave— ALOS PALSAR, arco minero del Orinoco, detección de cambios, radar.

Abstract— Detection of timely and accurate changes to Earth's surface features provides the basis for a better understanding of the relationships and interactions between human and natural phenomena to improve resource management and use. According to the energy potential of our country, the development of a model for the use of mineral resources based with the principles of development of ecosocialism, culture, traditions and ancestral customs, social and productive integrality, as well as the preservation of other resources Biodiversity, and waters. It is for this reason, that the national strategic development zone *Arco Minero del Orinoco* is created for the sectoral stimulation of activities associated with mineral resources, with criteria of sovereignty, sustainability and systemic vision of sectoral and spatial plans of the nation, according with the Decree with Rank, Value and Strength of the Law of Integral Regionalization for Socio-Productive Development. The main objective of this

document is to show the results of the application of the methodology of detection of changes in radar images on one of the four blocks of the Arco Minero del Orinoco in order to identify the possible zones that have had changes due to the mining activity. So that three methods of detection were worked: change the backscatter of elements within the scene, visualized in RGB combination, Segmentation of changes through thresholds and probability index with pairs of ALOS PALSAR images with a temporality of 3 years.

Index terms— ALOS PALSAR, Arco Minero del Orinoco, change detection, radar.

I. INTRODUCCIÓN

LOS datos de teledetección con su sinóptica y cobertura regular en un corto intervalo y calidad de imagen consistente proporcionan una fuente viable de información actualizada de la cobertura de la tierra que se puede extraer de manera eficiente. Un radar emite energía electromagnética y detecta el eco reflejado que regresa de los objetos. La naturaleza de la señal del eco de retorno contiene información sobre el objeto [5].

El objetivo principal de este documento es mostrar los resultados de la aplicación de la metodología de detección de cambios con imágenes de radar sobre el bloque Manuela Saénz del Arco Minero del Orinoco con el fin de identificar zonas con cambios debido a la actividad minera u otras causas, por lo que se trabajó tres métodos de detección: cambio de la retrodispersión de los elementos dentro de la escena, visualizado en combinación RGB, índice de probabilidad de ocurrencia de cambios y segmentación de cambios a través de umbrales, con pares de escenas de imágenes ALOS PALSAR con una temporalidad de 3 años.

La zona de Desarrollo Estratégico nacional Arco Minero del Orinoco, tiene una superficie de 111.843 km², delimitada por una poligonal cerrada definida por vértices expresados en valores de coordenadas UTM Datum SIRGAS-REGVEN husos 19 y 20. El Arco Minero del Orinoco se organiza en cuatro áreas o sectores, pero para fines del presente documento sólo nos basamos en el Bloque Manuela Saénz, ver figura 1.

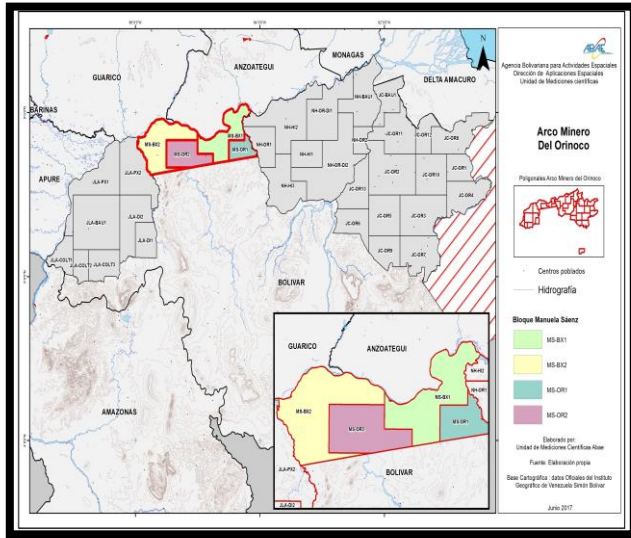


Fig. 1. Zona de estudio.

II. METODOLOGÍA

Se descargaron un total de 16 imágenes de la misión ALOS PALSAR1 entre los años 2007 - 2010 de la plataforma Alaska Satellite Facility ASF Vertex en banda L, frecuencia que permite lograr un buen rendimiento de indicación de objetivos móviles y obtener potencia alta con antenas de ancho de haz estrecho.

Las imágenes están en nivel 1.5 que viene con procesamiento previo, multilook y proyección cartográfica, con un ángulo off nadir de 34,3 °, polarización HH+VV y con un modo fino en doble polarización (FBD) y con un tamaño de píxel de 12,5 m y con una cobertura de 70 km.

Seguidamente se procedió a trabajar con pares de imágenes, definiendo una como la imagen maestra y la otra como imagen esclava, se realizó un procesamiento básico complementario, con calibración radiométrica, filtraje Lee 3x3, y corrección geométrica usando el MDE SRTM 1 arc seg. Luego se realizó el corregistro entre pares, con registro espacial entre las imágenes, utilizando interpolación bilineal y geolocalización entre pares.

Se aplicaron tres métodos para la detección de cambios:

A.-Composición multitemporal en RGB, donde se evalúa el incremento y decrecimiento de la retrodispersión a través de los coeficientes de retrodispersión, otorgándole una codificación de tres colores: Verde: Decrecimiento de la retrodispersión. Morado: Aumento de la retrodispersión. Negro: Áreas sin cambios.

B.-Log Ratio o Índice de Probabilidad, para determinar los cambios estadísticos es considerando la estimación de proporciones, muchos autores utilizan la intensidad como medida, pero para este caso nos ajustaremos a lo sugerido por [4] quien utiliza la amplitud como parámetro para la estimación, teniendo una varianza independiente de los valores absolutos de la media de la retrodispersión.

La detección de cambios incoherente busca identificar los cambios a través de la media de la energía retrodispersada de

la escena. Una estimación de la potencia media de retrodispersión σ_f^2 se puede obtener de un solo píxel calculando la intensidad de píxel $I = |f|^2$. Cada píxel de imagen puede interpretarse, así como una realización particular del mismo fenómeno de dispersión aleatoria subyacente y puede promediarse para producir una mejor estimación de la retrodispersión media.

Otra manera de lograr determinar los cambios estadísticos es considerando la estimación de proporciones, como alternativa de aproximación para discriminar entre aquellas regiones afectadas por cambios antrópicos de aquellas que no lo son, pueden ser logradas a través de la detección de un test de hipótesis. Dentro de esta aproximación la detección de cambio es determinada si el par de píxel es

$$X_k = \{f_k, g_k\}^T, k = 1 \dots N$$

En un área local son realizaciones nula (escena sin cambios) hipótesis H_0 o una alternativa (escena con cambios) hipótesis H_1 . En una vecindad local dada de N píxeles independientes una simple ecuación estadística para determinar si los píxeles son realizaciones de una hipótesis de no cambios o de una hipótesis de cambios es el índice de probabilidad definida como:

$$L = \frac{P(X_1, X_2, \dots, X_N; H_0)}{P(X_1, X_2, \dots, X_N; H_1)} \quad (1)$$

$$= \prod_{k=1}^N \frac{P(X_k; H_0)}{P(X_k; H_1)}$$

Donde X_x es la media de la energía de retrodispersión por píxel en la escena.

C.- Segmentación de cambios, luego del cálculo del Log Ratio y en base a este estadístico se procede a definir los valores umbrales para la generación de la segmentación de cambios. Se toma la media y la desviación estándar de la banda de las proporciones teniendo la media + o - la desviación estándar, permitiendo generar un mapa binario, donde los valores cercanos o iguales a 1 reflejan cambios generados.

$$S = \chi \pm \sigma \quad (2)$$

III. RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 24 imágenes como resultado de las tres técnicas de detección de cambios: composición multitemporal en RGB, banda de índice de probabilidad y banda de segmentación para el Bloque Manuela Sáenz. Se observó todo el bloque con las imágenes en combinación RGB, sin embargo, se interpretó cada imagen por separado y se comparó cada resultado obtenido.

Los colores morados y verdes reflejan cambios, en ellos se da un incremento o decrecimiento de la retrodispersión. En el color morado existe un incremento de la retrodispersión que pudiera inferirse por remoción del elemento y al quedar expuesto aumenta la respuesta como se observa en la figura 2,

se observa cambio en la zona noreste con el método de composición en RGB incremento del color morado, cuando se observa la misma área pero en la banda de segmentación observamos valores de 1 en color rojo intenso en la zona de posibles cambio que se asociada a cambio por cultivos, para la banda de índice de probabilidad se observan el valor máximo de probabilidad de ocurrencia de cambios de 0.53. Es importante destacar que para la banda de índice de probabilidad el rango no fue estandarizado, utilizándose una escala entre -2 y 2.

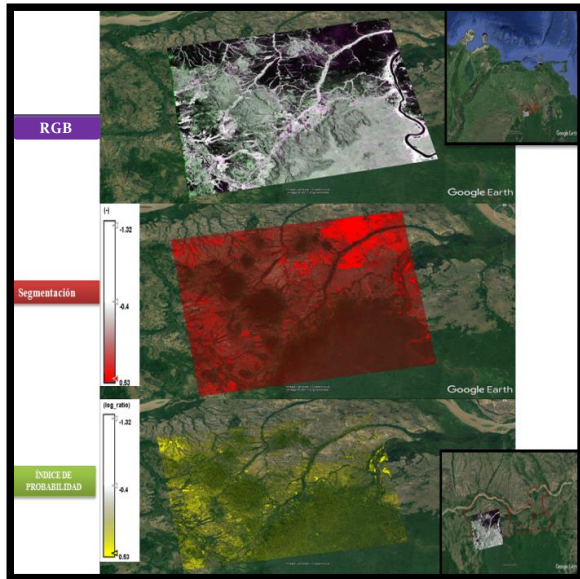


Fig. 2. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

En la fig. 3, es el resultado de las imágenes con fecha de 9-06-07 y 17-06-2010, es decir con una diferencia de tiempo de 3 años se observa en la primera imagen en composición en RGB, en la cual se observa cambios en las zonas cercanas al río, para la banda de segmentación el valor máximo de 1 indica cambios en color rojo en las zonas cercanas al caudal y el índice de probabilidad el valor máximo es de 0.64 y se observa alrededor del río. Se pudiese inferir que los cambios evidenciados en el cauce y en el caudal del río son debido al transporte de elementos en suspensión, sedimentos, debido a la posible intervención en áreas adyacentes.

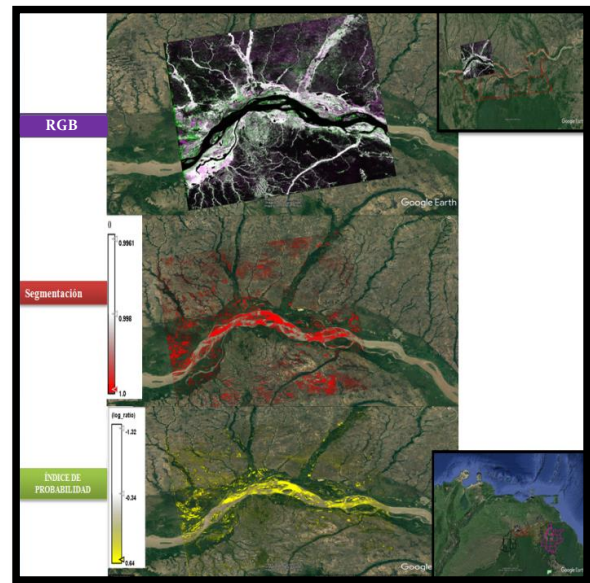


Fig. 3. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

La fig.4, se observa que los cambios para las imágenes en la zona noroeste en la localidad de Caicara del Orinoco, en la banda de segmentación con valores máximo de 1 y mínimo de 0.99, en la imagen de índice de probabilidad con un valor máximo de probabilidad de ocurrencia de cambio es de 0.56 y mínimo -1.13, sin embargo, este valor mínimo fue enmascarado. Podríamos inferir que dichos cambios estén asociados a construcciones y actividades mineras propias de la zona.

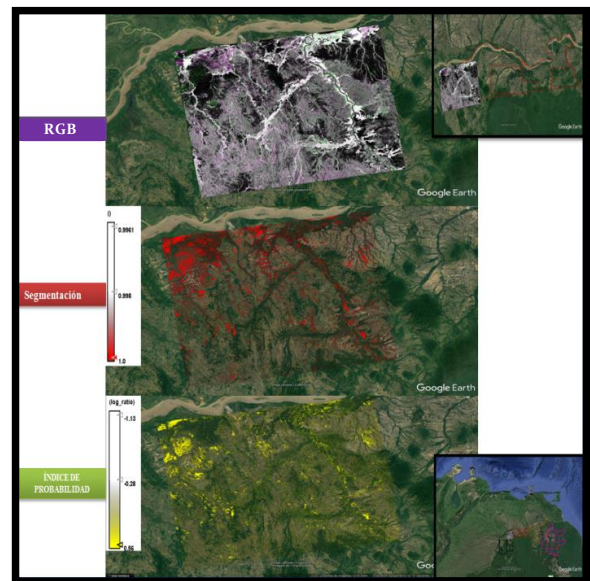


Fig. 4. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

En la fig. 5, se evidencia nuevamente cambios en las zonas cercana al río, los valores máximos es 1 y mínimo 0.99 en la banda de segmentación, los resultados de la banda de índice de probabilidad fueron un máximo de 1 y mínimo de -1,73, todos los métodos coinciden en las zonas de cambio las cuales pudieran asociarse a las zonas de producción de algodón y construcciones viales con el puente sobre el Orinoco.

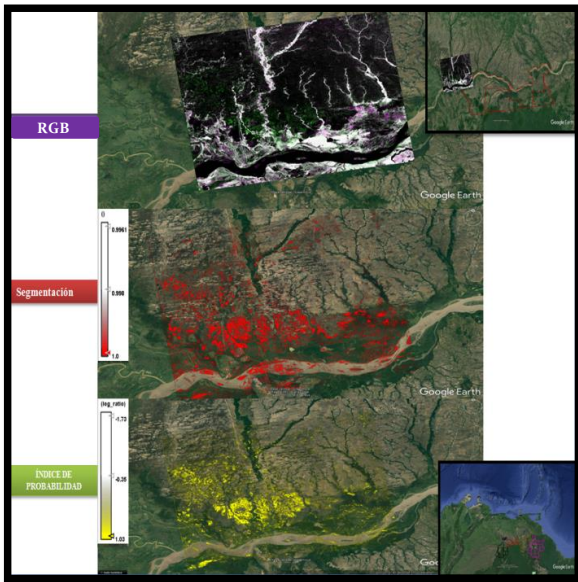


Fig. 5. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

En la fig. 6, observamos en la zona noroeste con valores para la banda de segmentación máximo de 1 y mínimo de 0.99 mientras que para la banda de índice de probabilidad el valor máximo es de 0.69 y mínimo -0,87 los cambios se pudieran asociar a cultivos y poblaciones rurales.

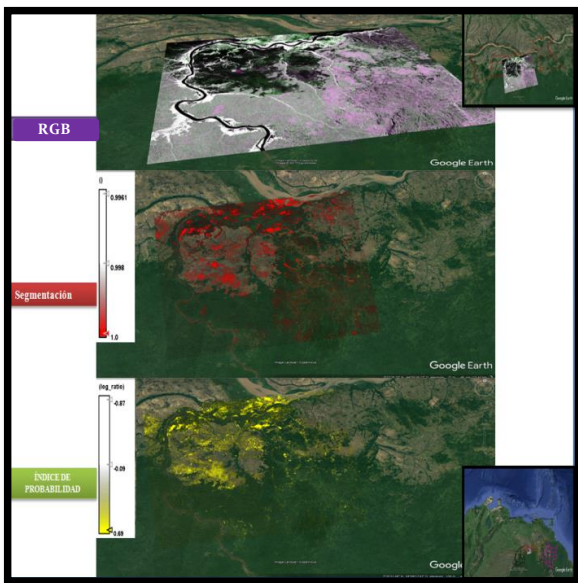


Fig. 6. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

En la fig. 7 los cambios que coinciden para la zona cercana al río dirección Suroeste con valores de segmentación de 1 a 0.99 y para el índice de probabilidad de 0.67 y -1.5 respectivamente.

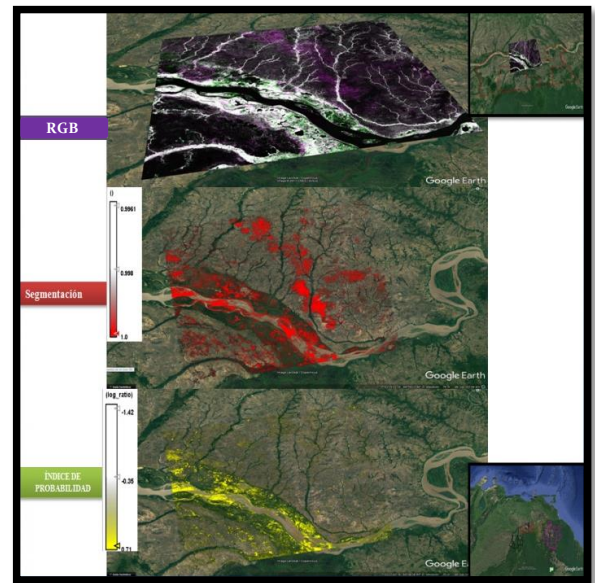


Fig. 7. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

En la fig. 8, se observa que el cambio en la banda de segmentación no es igual a los cambios observados en la banda de índice de probabilidad, ya en la banda de segmentación los cambios son hacia la zona noreste cercanos al río mientras que en la banda de índice de probabilidad el cambio está hacia el norte.

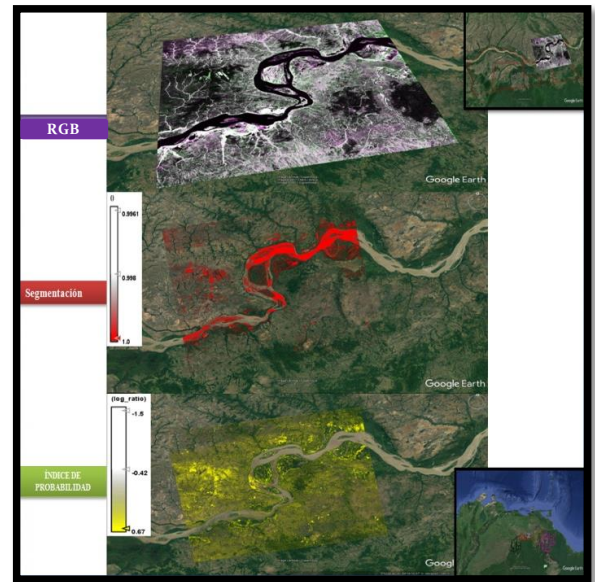


Fig. 8. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

Finalmente, en la última imagen del Bloque Manuelita Sáenz no se observan zonas con cambio significativo, sin embargo, los resultados para las bandas de segmentación se encuentran entre 1 y 0.99 y, de 0.53 y -0.84 para el índice de probabilidad (figura 9)

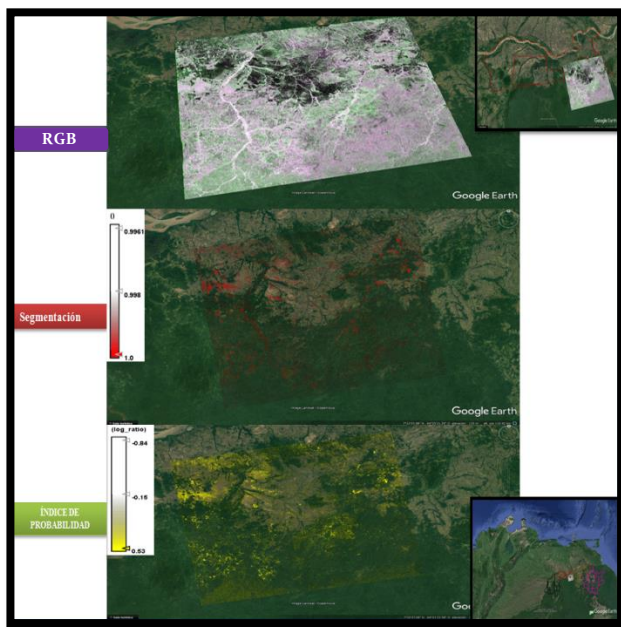


Fig. 9. Resultados de los diferentes métodos de detección de cambios.

III. CONCLUSIONES

La detección de cambios a partir de imágenes de radar es muy útil para la evaluación de los cambios en el ambiente, es necesario la utilización de varios métodos para la validación de la zona de estudio por lo tanto la importancia de los métodos de composición multitemporal en RGB, índice de probabilidad y segmentación. Debido a que cada método está afectado por la decorrelación temporal existente entre las imágenes.

Los cambios observados no sólo pudieran atribuirse a la actividad minera, sino también por procesos erosivos, remoción de la cobertura vegetal, entre otros como lo son la silvicultura -cultivo y explotación racional de los bosques, ya que la zona cuenta con excelentes especies maderables entre otras.

Los métodos aplicados permiten identificar y evaluar áreas de interés, basados en los procesos de cambios detectados para dicho estudio multitemporal, como resultados de posibles actividades antrópicas; esto acortaría el tiempo dedicado a campañas de campo con fines de determinar zonas afectadas, sin embargo, es necesario complementar los resultados obtenidos con campañas en las zonas de estudios juntos a otras instituciones involucradas con la actividad ambiental y minera del país.

REFERENCIAS

- [1] L. Bruzzone "Multitemporal Analysis" 5th ESA Advanced Training Course on Land Remote Sensing. 2014.
- [2] F. Bovolo, L. Bruzzone "A Detail-Preserving Scale-Driven Approach to Unsupervised Change Detection in Multitemporal SAR Images." IEEE. 2005
- [3] F. Bovolo, L. Bruzzone, L. Capobianco, A. Garzelli, S. Marchesi, F. Nencini "Change detection from pan-sharpened images: a comparative analysis." ESA-EUSC. 2008

- [4] F. Fomelis "SAR Coregistration Approaches & Change Detection" ESA. 2015
- [5] Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 40855 del 12 de febrero del 2016.
- [6] I. Skolnik "Radar Handbook" Mc Grawhill, EEUU 1990.
- [7] J. Inglada, G. Mercier "A new statistical similarity measure for change detection in multitemporal SAR images and its extension to multiscale change analysis." IEEE 2007
- [8] L. Bruzzone, M. Marconcini, U. Wegmuller, A. Wiesmann "An advanced system for the automatic classification of multitemporal SAR images." IEEE 2004
- [9] M. Preiss, N. Stacey "Coherent Change Detection: Theoretical Description and Experimental Results". Department of Defence. Defence Science and Technology Organisation. Australia. 2006.
- [10] J. Wiertz, D. Pino "Gestión Ambiental de la pequeña minería" Seminario Internacional: El Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente en la Minería Artesanal del Oro. Chile. 1999.



María G. Machado B. Nació en Maracay, el 21 de octubre de 1988. Obtuvo su título de Ingeniera Geofísica en la Universidad Central de Venezuela en el 2014, en la actualidad cursa último semestre de la maestría de Ciencias Geológicas de la UCV. En el 2012 realizó pasantías en Laboratorio Nacional de hidráulica y 2013-2014 realizó el trabajo

especial de grado en Intevp en el 2014-2016 trabajó en JF inversiones como Ingeniero Junior en el área de Interpretación sísmica, sus responsabilidades dentro del proyecto fueron: validación y revisión de la información, calibración sísmica- pozo, interpretación de los horizontes de interés y construcción de modelo de velocidades para conversión tiempo-profundidad. En 2016 hasta la actualidad trabaja como personal de investigación del Departamento de Mediciones Científicas de la ABAE. Ha publicado en la SPE (Sociedad de Ingenieros de Petróleo) en el 2015 Determinación de estáticas de onda convertida integrando refracción sísmica y análisis Espectral de ondas superficiales



Gabriela Quintana nacida en Caracas, Venezuela. Obtuvo su título de Licenciada en Geografía en la UCV en 2008. Especialista en Sensores Remotos y GIS en el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) en 2009. Especialista en Sistemas de Aplicaciones Terrestres en 2013. Y actualmente cursa la Maestría en Ciencias Geológicas -UCV.

Actualmente es parte del Dpto. de Geofísica de FUNVISIS como investigador desde 2016. Sus intereses de investigación incluyen el estudio de la deformación de la superficie con datos GNSS y DInSAR, detección de cambios coherentes e incoherentes.