

Variación Termal sobre la Superficie Oceánica del Caribe

SAMUEL PACHECO-CHERENA

Departamento de Geología,

Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, P.O. Box 9017 Mayagüez, Puerto Rico, 00681-9017

Resumen. - En este proyecto se utilizó la herramienta “MCSST” del programa ENVI para calcular índices de temperatura de la superficie oceánica para la zona del Caribe. Las imágenes utilizadas fueron adquiridas del sensor AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) a bordo del satélite NOAA-18, cuya campana fue lanzada en el 2007 siguiendo una sucesión de satélites NOAA-17, 16, 15, etc. Como método de corroboración de la efectividad del sensor se utilizaron imágenes de formato 11b en la zona del Caribe para aplicarle el algoritmo de SST (Sea Surface Temperature) y poder determinar si representativamente hay variabilidades termales a lo largo de la zona por cambios en estaciones del año. Se utilizaron los canales 4 y 5 del sensor para la aplicación del sensor y el despliegue de imágenes. La utilización del programa ENVI fue la fuente que desarrolló el estudio ya que se utilizó como interfase y facilitó las aplicaciones necesarias para establecer un protocolo experimental dentro del pre-procesamiento de imágenes en su respectivo formato (11b) y finalmente poder aplicarle el algoritmo preestablecido para generar, desplegar y analizar las imágenes obtenidas.

Palabras claves: ENVI, Teledetección, AVHRR, Link display, SST, Cursor location value, MCSST, POES, KLM

Introducción

La zona tropical es de gran importancia a nivel mundial por su dinamismo e intercambio de procesos en los cuales se envuelve. Desarrollando un mayor interés dentro de la zona tropical se desarrollan intereses en crear modelos o representaciones que demuestren el comportamiento termal como por ejemplo sobre la zona del Mar Caribe y sus adyacentes regiones, identificando a estas como; las Antillas mayores y menores (Figura 1). Para motivos de esta investigación el área de estudio estará restringida a la zona Central y este del Caribe cuyas coordenadas comprenden entre; 10N° – 20N° y 40W – 65°W. Debido a su localización, esta zona

presenta variaciones climatológicas significativas y en algunos momentos circunstancias impredecibles. Una forma de trabajar esta zona Caribeña es por medio de la percepción remota, la cual brinda una herramienta científica fuerte y específica dentro de los parámetros que establece. Con la utilización de conceptos como; radianza, irradianza, reflectancia, absorbancia, entre otros, se establece el lenguaje cual definirá los objetivos alcanzados con el uso de la percepción remota.



Figura 1. Mapa localización de la zona del Caribe y lugar de estudio.

Al momento de establecer el uso de la percepción remota hay que determinar el seguimiento de los protocolos sugeridos para la obtención de datos necesarios al momento de efectuar el análisis. Dentro de ese protocolo se encuentra el desarrollo de los algoritmos necesarios para la investigación en curso. En esta investigación se utilizó el algoritmo de cálculos de temperatura superficial para el océano del sensor AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) el cual es un programa ENVI preestablece en una de sus aplicaciones. El sensor AVHRR es un escáner de banda ancha, el cual permite medir la radiación terrestre en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético y cuya resolución espacial es de 1.09 Km. (Figura 2). Este sensor se encuentra a bordo de los satélites NOAA 12, 15, 16, 17, 18 y 19, respectivamente. El análisis multiespectral de sus imágenes permite medir parámetros meteorológicos, como la determinación de la cobertura de las nubes, y parámetros de teledetección, sobre ríos, océanos o la propia superficie terrestre. El AVHRR es un radiómetro que ha evolucionado con el paso del tiempo; AVHRR-1, AVHRR-2 y AVHRR-3, que es el que utiliza en estos momentos el NOAA-18. (Figura 3).

Canal	Resolución espacial	Largo de Onda (μm)	Uso típico
1	1.09 km	0.58-0.68	Mapeo de nubes & temperatura de superficie de tierra (día)
2	1.09 km	0.725-1.00	Bordes entre agua-tierra
3A	1.09 km	1.58-1.64	Detectar nieve - hielo
3B	1.09 km	3.55-3.93	Mapeo de nubes & temperatura de superficie del océano (noche)
4	1.09 km	10.30-11.30	Mapeo de nubes & temperatura de superficie del océano (noche)
5	1.09 km	11.50-12.50	Temperatura superficie del océano

Figura 2. Especificaciones adicionales del sensor AVHRR.

El NOAA-18 es parte de una nueva serie de satélites, denominada "KLM", con importantes mejoras tecnológicas en su instrumentación, que les permiten trabajar zonas nubosas, donde los instrumentos, que habitualmente trabajan en las zonas espectrales, de la luz visible e infrarroja, tienen problemas de operación. Es el primer satélite "POES" (Polar Operational Environmental Satellite) en usar un "Microwave Humidity Sounder". Como objetivos de la investigación se encuentran; determinar la variabilidad termal para la zona del Caribe según varían las estaciones del año, demostrar la aplicación del programa ENVI, en el proceso de imágenes con índices termal, probar la efectividad del sensor AVHRR en aplicaciones termal para zonas tropicales. ENVI (Environmental Visualization Images) es una aplicación informática comercial desarrollada por ITT para el procesamiento de imágenes de satélite o fotografía aérea, así como análisis multiespectral y trabajos de teledetección.

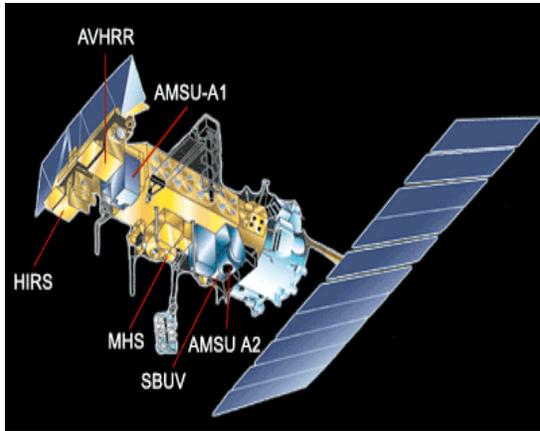


Figura 3. Modelo representativo de la apariencia del satélite NOAA-18.

Metodología

Selección de Imágenes

Para poder incorporar un protocolo a seguir, primero hay que organizar las ideas iniciales y determinar

unas variabilidades existentes que pueden influenciar en el proceso de obtención de imágenes (Figura 4). Entre esas variantes se encuentran tales como; disponibilidad y accesibilidad de imágenes, resolución temporal, formato de imágenes y área de estudio. Como inicio la idea principal es obtener una imagen representativa de cada estación del año. Para poder identificar cada estación del año se obtuvo información perteneciente al servicio nacional de meteorología por sus siglas en el idioma inglés “NWS” (Figura 5). Una vez establecido el rango de tiempo entre cada imagen, siendo estas pertenecientes a; Enero, Abril, Julio y Octubre del año 2008, se procede al subsiguiente paso, la requisición de imágenes.

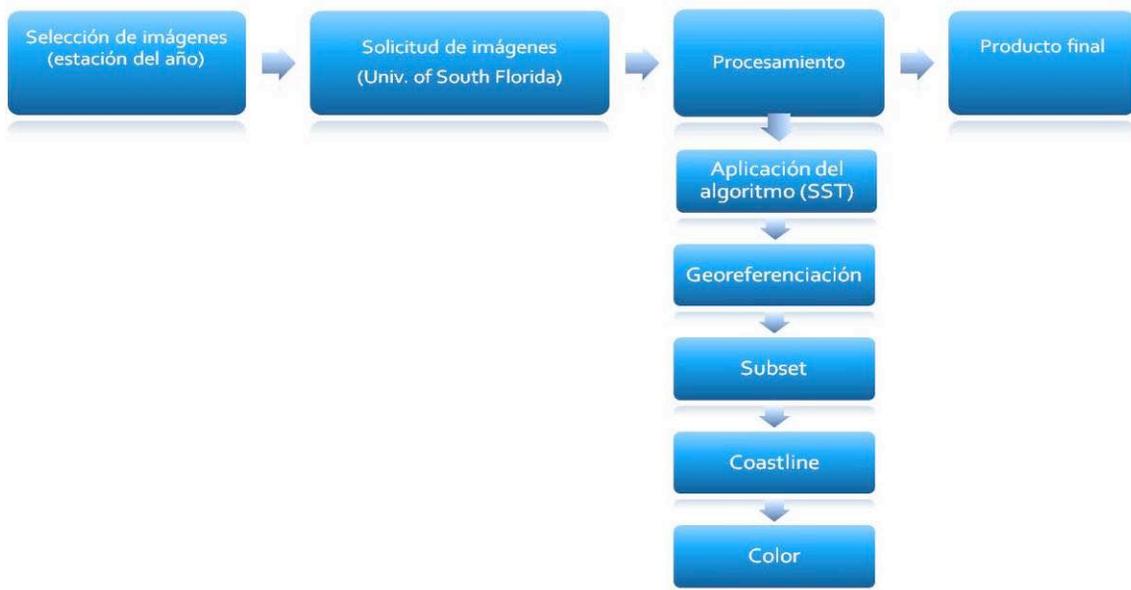


Figura 4. Protocolo establecido para la obtención del producto final.

ESTACIONES DEL AÑO			
DÍA	MES	HEMISFERIO NORTE	HEMISFERIO SUR
20 ó 21	Marzo	Primavera	Otoño
21 ó 22	Junio	Verano	Invierno
23 ó 24	Septiembre	Otoño	Primavera
21 ó 22	Diciembre	Invierno	Verano

Figura 5. Rangos estacionarios establecidos por el Servicio Nacional de Meteorología.

Para la requisición de imágenes se utilizo una fuente dinámica externa a través de la Universidad de Florida del Sur en Estados Unidos. Por medio de su página cibernética y cuyo enlace es (<http://imars.usf.edu/sst/index.html>), se eligieron las imágenes pertenecientes a los rangos ya preestablecidos. Se obtuvieron dos (2) imágenes para cada periodo teniendo una segunda opción en caso que alguna imagen no fuese útil para el estudio. Factores que influyen en la calidad de la imagen lo son; cobertura de nubes, hora del día, resolución espectral, etc. Para propósitos de la investigación la obtención de imágenes se limitó a imágenes con rangos temporales

Aplicación del Algoritmo

Con la aplicación del algoritmo preestablecido como función del programa ENVI se obtendrán índices termales pertenecientes a la zona de estudio. El algoritmo preestablecido por ENVI se reconoce como SST (Figura 7). Este algoritmo utiliza los canales 4 y 5 del sensor AVHRR para calcular índices termales para imágenes con formato 11b. El canal 4 responde al rango espectral de 10.8 nm y el canal 5 responde al rango espectral de 12.0 nm dentro del rango infrarrojo.

pertenecientes a la noche, ya que debido a la orbita del satélite la obtención de imágenes se limitaba a ese rango en el cual la luz solar no influye (Figura 6).

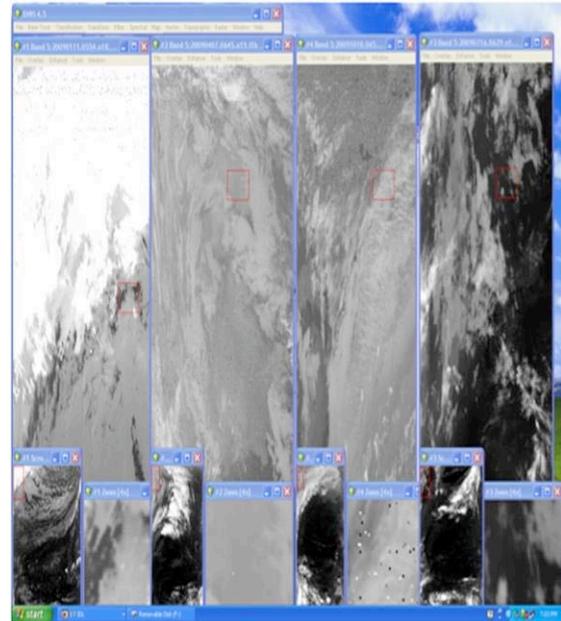


Figura 6. Despliegue de imágenes del sensor AVHRR en formato 11b a través del programa ENVI, pertenecientes a los meses de; Enero, Abril, Julio y Octubre-2008.

$$SST = T_{IR10.8} + [0.99 \cos \theta + 0.21](T_{IR10.8} - T_{IR12.0}) + \left[\frac{0.364}{\cos \theta} + 0.15 \right] (T_{IR10.8} - T_{IR12.0})^2 + \left[\frac{0.327}{\cos^2 \theta} + 0.11 \right]$$

Figura 7. Algoritmo preestablecido por el programa ENVI, cuya función es calcular índices termales para imágenes tomadas por el sensor AVHRR.

Una vez estén desplegadas las imágenes de formato 11b, con la aplicación del algoritmo obtendremos las imágenes ya filtradas y expuestas con los datos necesarios (Figura 8). Aunque ya la imagen tiene la información necesaria todavía no es útil ya que no se puede localizar un lugar específicamente dentro del área de estudio. Debido a ese factor se requiere hacer una georeferenciación y un corte del área de estudio para tener una representación visual directa con la zona de-interés.

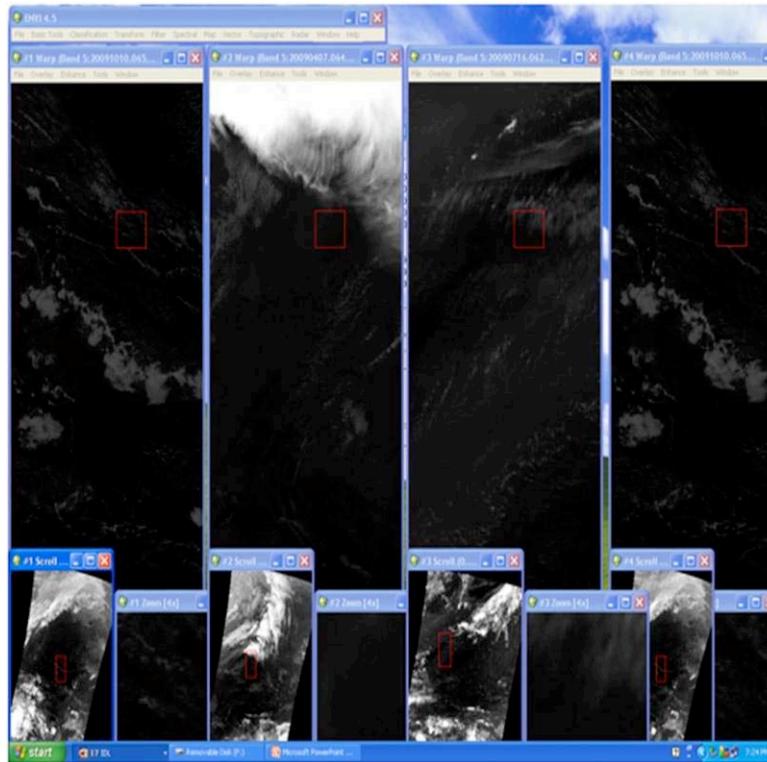


Figura 8. Imágenes desplegadas utilizando como interfase el programa ENVI, con la aplicación del algoritmo SST, para calcular índices de temperatura sobre la superficie oceánica.

Georeferenciación

Para proseguir con la georeferenciación hay que establecer unos parámetros dentro del programa. Para poder aplicar esos parámetros hay que recurrir a la barra de herramientas básicas (Basic Tools) para buscar dentro de la aplicación de georeferenciación para imágenes del sensor AVHRR y así establecer los parámetros finales tales como; determinar la zona (5200), unidades de los datos de georeferencia

(metros) y la proyección (NAD 83). Una vez establecidos todos los parámetros necesarios y georeferenciadas las imágenes se puede obtener una representación visual sobre la zona de interés. Siguiendo el protocolo inicial, se recurre a la restricción de la imagen para solo desplegar la zona de interés por medio de una aplicación del programa ENVI en la cual se permite restringir ese campo de interés “subset” (Figura 9).

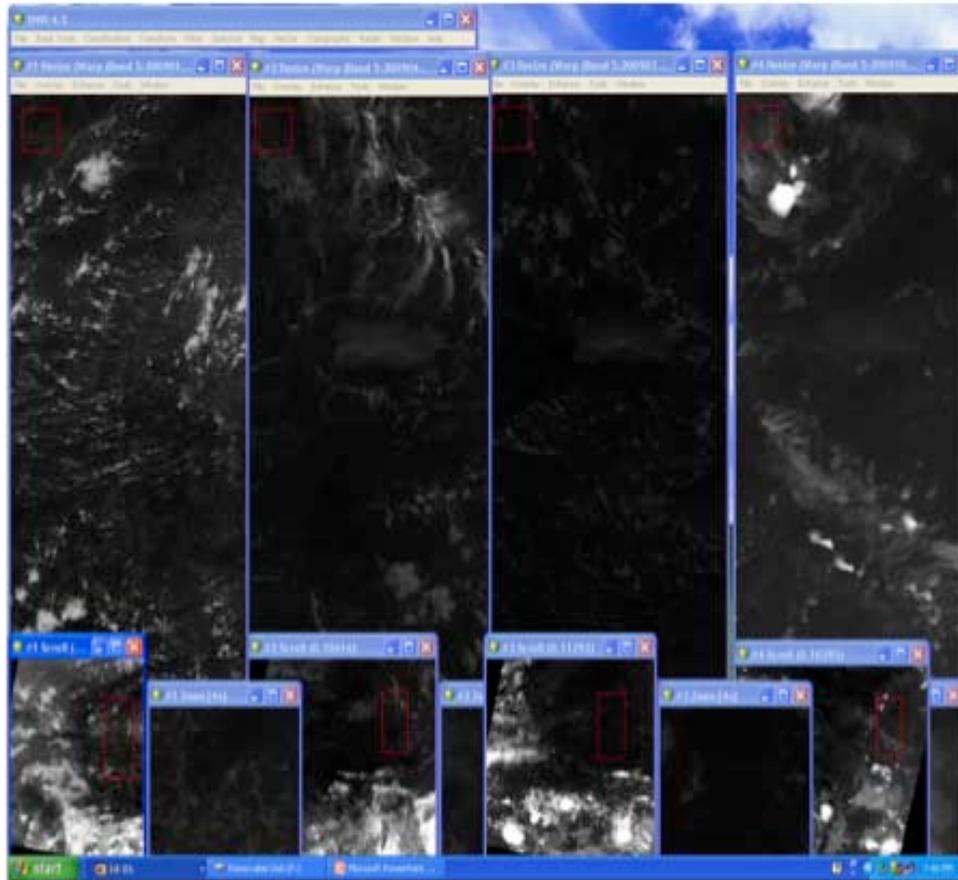


Figura 9. Despliegue de imágenes pertenecientes a la zona de estudio, georeferenciadas y cortadas para el área de interés.

Línea de costa

Aunque ya se tiene una representación visual de la zona de estudio, se le aplicó una línea de costa para ayudar y delimitar aun más las áreas en donde se obtendrían los valores termales sobre la imagen. Para poder aplicar la línea de costa a través del programa hay que recurrir a las barras de aplicaciones y bajo la aplicación de vectores hacer uso de la aplicación “world boundaries” en donde indicando por medio de la selección de línea de costa y establecimiento de coordenadas (Lat max= 10 / Lat min= 30 / Lon max= -60 / Lon min= -90) se obtiene el producto necesario para efectuar la recolección de datos pertinentes. Adicional se aplicó

color a la imagen para ayudar a identificar factores no pertinentes a la investigación como nubes y superficie terrestre (Figura 10). Una vez desplegadas las imágenes se le aplica un “link display” y “cursor location value” para obtener índices termales para la misma zona en las cuatro imágenes respectivamente. Ya efectuado el proceso de obtención de datos referentes a veinte (20) distintas zonas dentro del área de estudio, se produjo una tabla de datos por medio del programa comercial computacional Excel, perteneciente a la compañía Microsoft (Figura 11). Con la obtención de los datos finales se procede a la producción del producto final con la aplicación de una

paleta de color por medio de la barra de utilidades del programa cual te permite

aplicar colores y anotaciones “tools” y “overlay” (Figura 12).

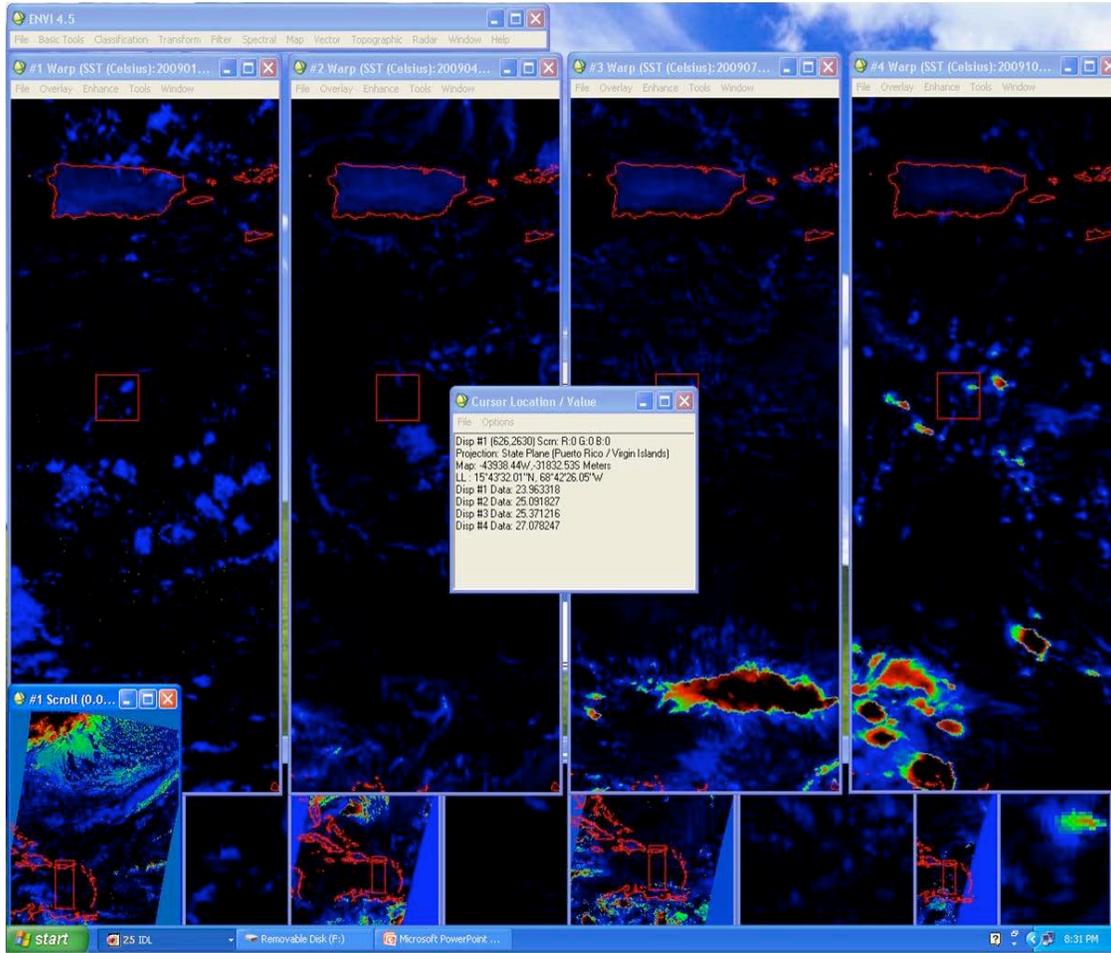


Figura 10. Despliegue de imágenes indicando índices termales en la zona de estudio.

Coordenadas	Enero (°C)	Abril(°C)	Julio(°C)	Octubre(°C)
14,0'44.69"N-67,22'57.38"W	22.2	25.1	25.4	27.8
14,20'20.09"N-67,31'36.40"W	25.2	25.9	26.0	28.3
14,35'27.93"N-64,24'46.37"W	24.4	24.9	26.1	26.3
14,46'47.06"N-65,41'9.31"W	23.5	25.1	26.1	26.4
15,16'57.75"N-65,11'33.37"W	25.1	24.4	25.3	26.7
15,22'6.04"N-68,8'57.66"W	20.3	23.1	25.7	27.4
15,57'24.33"N-61,52'16.35"W	25.2	24.9	25.2	26.4
16,23'15.41"N-62,6'17.68"W	25.1	24.2	25.0	26.6
16,28'28.83"N-65,12'17.36"W	25.0	24.9	25.1	27.9
16,28'30.56"N-64,56'34.20"W	25.3	24.6	23.6	23.5
17,12'55.07"N-64,50'7.68"W	24.9	24.8	25.1	25.4
17,24'54.59"N-64,24'40.56"W	25.2	20.6	25.6	27.6
17,38'6.78"N-62,43'46.46"W	24.6	24.1	23.4	26.4
17,40'13.76"N-66,55'40"W	25.0	23.9	25.3	27.6
17,5'7.50"N-66,32'38.68"W	24.2	25.5	25.4	27.0
17,51'25.38"N-67,3'2.06"W	24.9	25.4	25.1	27.5
17,53'45.67"N-61,54'51.05"W	22.7	24.4	24.8	26.1
17,55'50.19"N-63,45'4.89"W	24.1	24.3	24.5	26.4
18,12'52.86"N-62,53'1.43"W	24.4	23.7	24.8	26.0
18,22'29.44"N-66,26'17.78"W	24.5	25.6	25.3	27.1
18,3'17.97"N-67,16'10.05"W	24.9	25.8	25.9	27.5

Figura 11. Tabla de datos en Excel, referentes a índices termales obtenidos mediante procesamiento de imágenes en el programa ENVI.

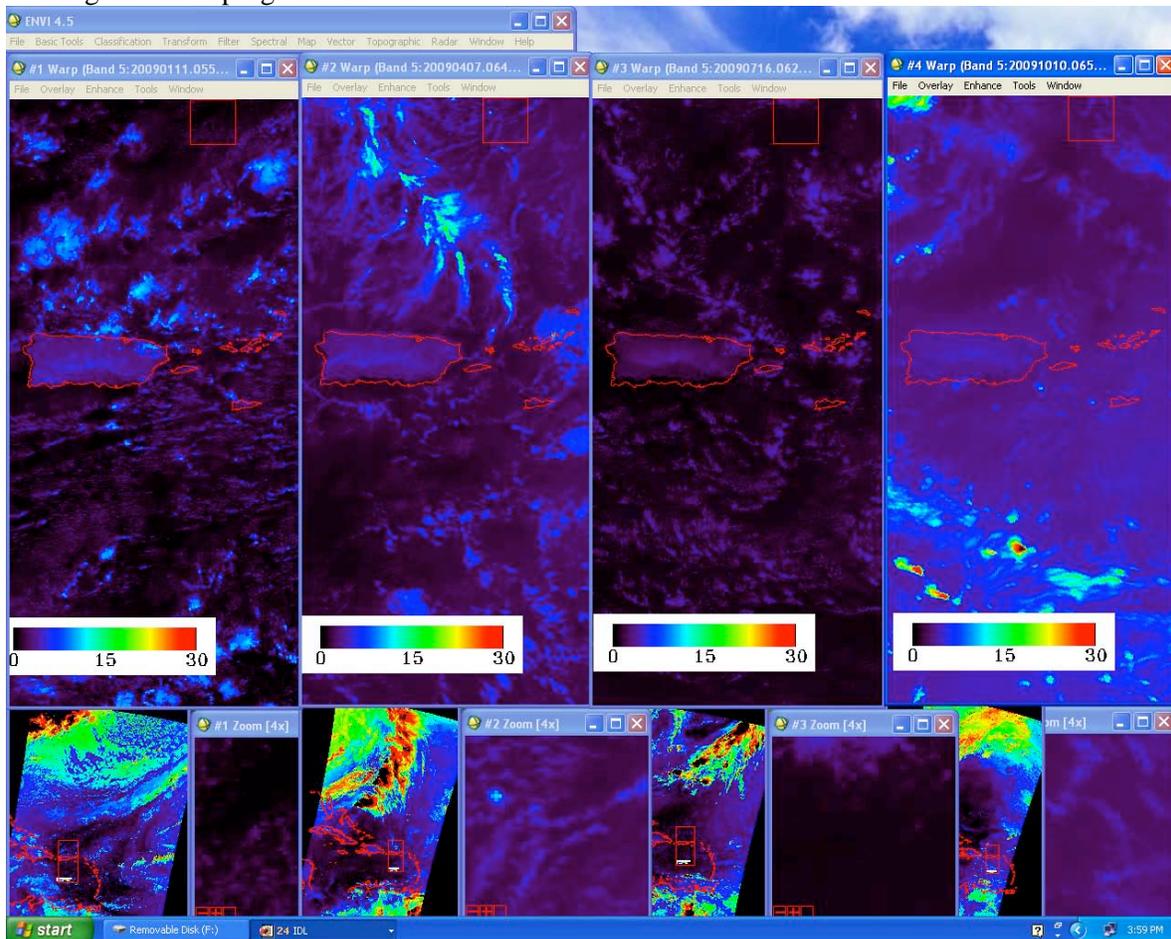


Figura 12. Despliegue del producto final con la aplicación de una paleta de color y anotaciones.

Resultados y Discusión

Estudios climatológicos reconocen que la temperatura superficial del océano es uno de los mayores indicadores en la variabilidad climatológica. Prácticamente patrones en la temperatura superficial oceánica para la zona del Caribe presenta unas variaciones estacionariamente. Mediante los datos obtenidos se comprobó claramente una variabilidad termal para el área de estudio pertenecientes a las coordenadas; 10N° – 20N° y 40°W – 65°W. Aunque la investigación estuvo restringida a esas coordenadas, latitudes mas bajas (11N° y 13N°) particularmente durante el periodo de Julio presentan temperaturas mas frías que para el mismo periodo que en la zona de estudio, con variantes de temperatura cercanas a 1.5 °C (Hernández, 2000). Estas variantes en temperatura se deben a un “levantamiento costero” a lo largo de las costas de Venezuela y Colombia, cual están influenciadas a los efectos directos de las corrientes de aire provenientes del este e inducen el transporte de aguas mas frías.

Mediante los resultados de la investigación se comprobó la variabilidad en las temperaturas a lo largo del centro del Caribe y las Antillas Menores (Figura 13). Para el mes de Enero se encontraron temperaturas mas frías, presentando un incremento gradual según el cambio estacionario establecido inicialmente

(Figura 14). Aunque gráficamente se presentan decadencias para algunos puntos, esto se le atribuye a factores externos como nubes cuales se encuentran a temperaturas mas bajas de lo promediado para la superficie oceánica Caribeña.

Durante el mes de Abril se demuestra un leve aumento en las temperaturas a lo largo de los puntos recolectados para la zona Caribeña (Figura 15). Variantes en los índices se le atribuyen a factores nubosos. En el mes de Julio (Figura 16) se encontraron variaciones en los índices de temperatura directamente relacionados a efectos nubosos sobre la zona. Aunque se mantuvo un control al momento de establecer los lugares de adquisición de datos, en algunos casos la influencia de las nubes fue factor, obviando ese factor se continua apreciando un aumento gradual en los índices termales. Durante el mes de Octubre (Figura 17) se encontraron índices de temperatura mayores que para los pasados meses, teniendo una relación directa con el comportamiento climatológico en la zona Caribeña para ese periodo estacionario y cuyo efecto se representa con alta actividad de desarrollos ciclónicos.

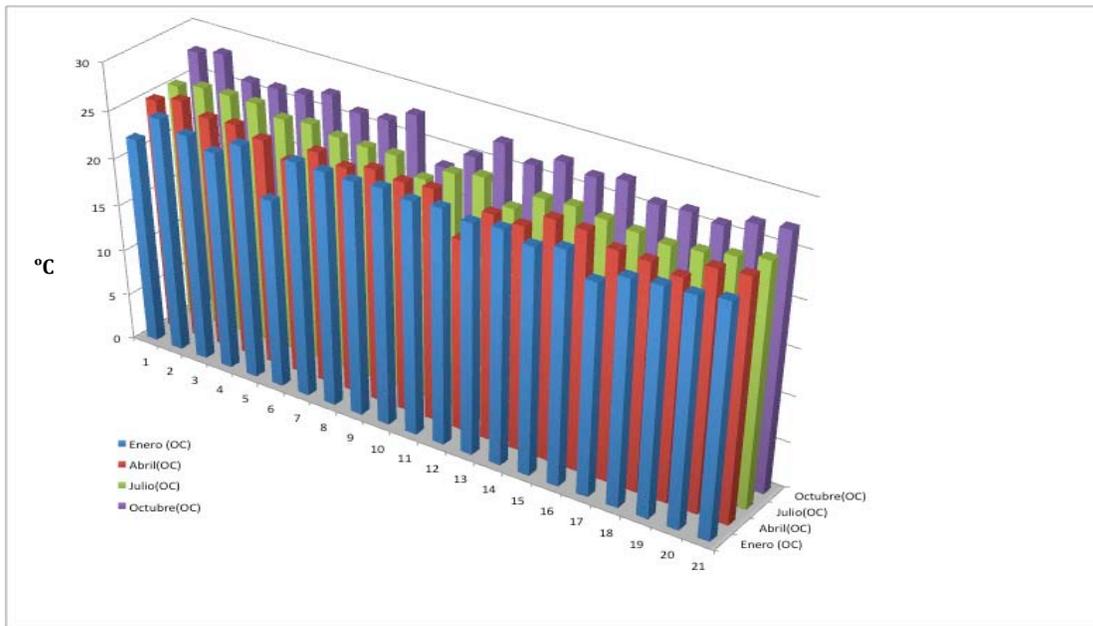
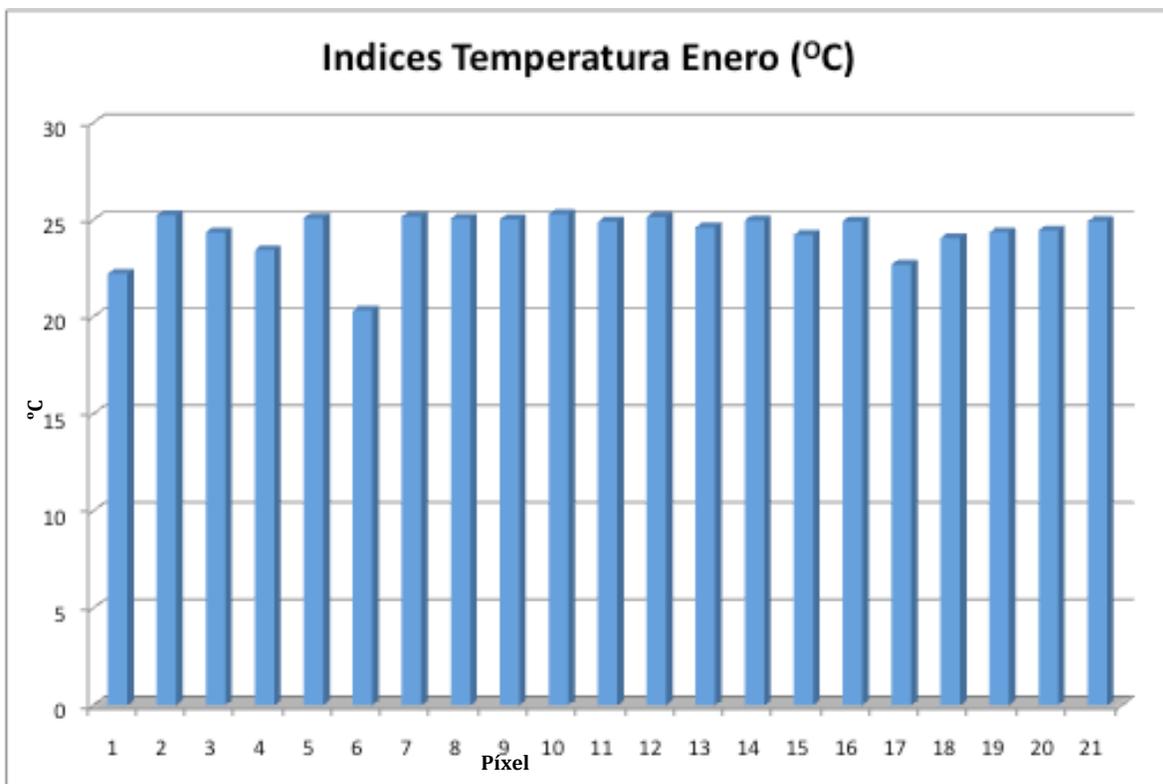


Figura 13. Representación grafica de la variabilidad de la temperatura oceánica para los meses de;



Enero, Abril, Julio y Octubre.

Figura 14. Índices de temperatura referentes al mes de Enero-2008, obtenidos con la aplicación del algoritmo SST a imagen del censor AVHRR (11b).

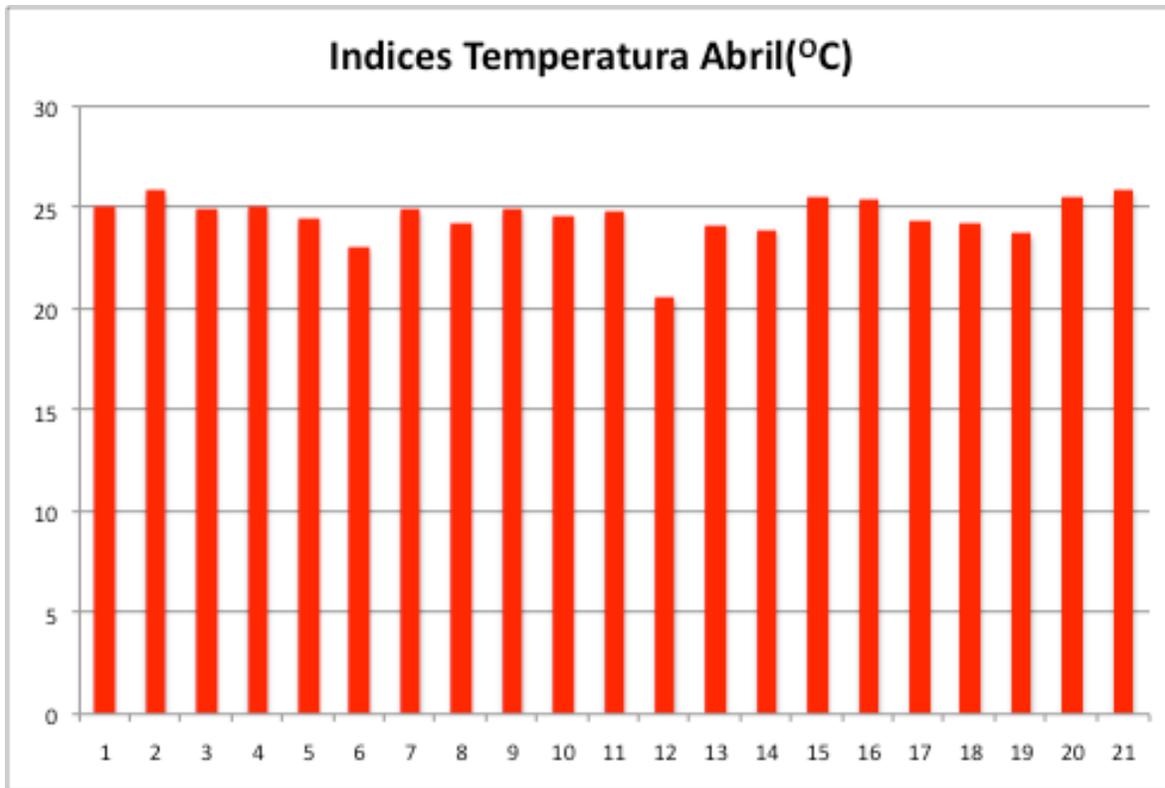
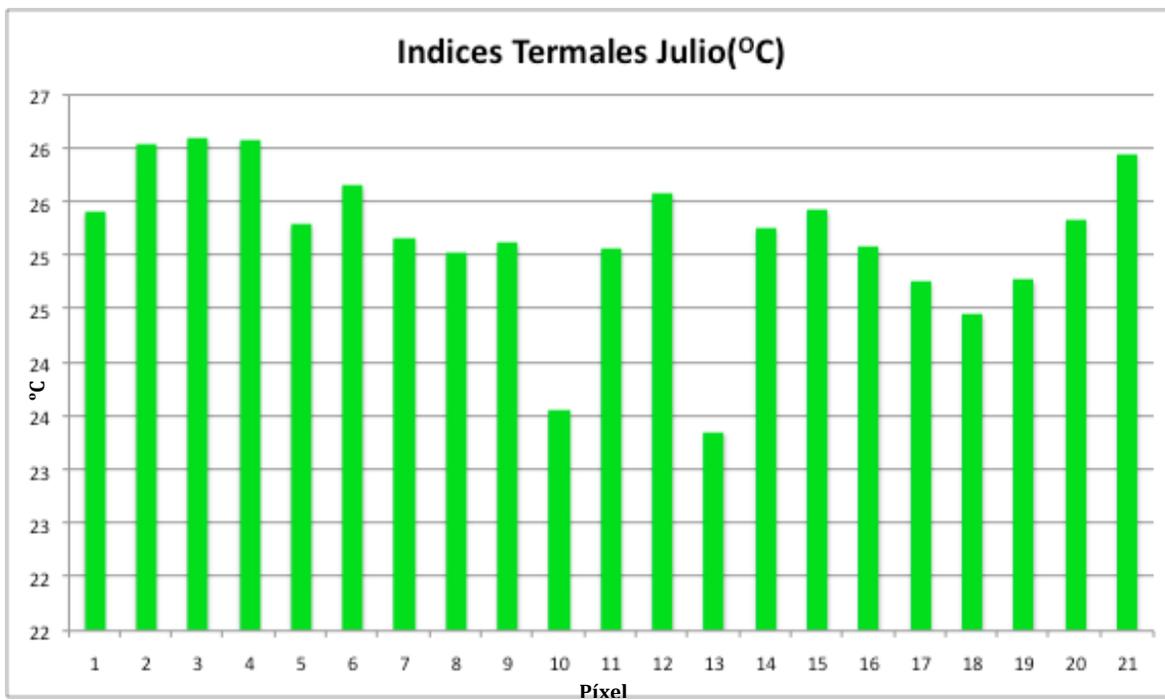


Figura 15. Índices de temperatura referentes al mes de Abril-2008, obtenidos con la aplicación del



algoritmo SST a imagen del censor AVHRR (11b).

Figura 16. Índices de temperatura referentes al mes de Julio-2008, obtenidos con la aplicación del algoritmo SST a imagen del censor AVHRR (11b).

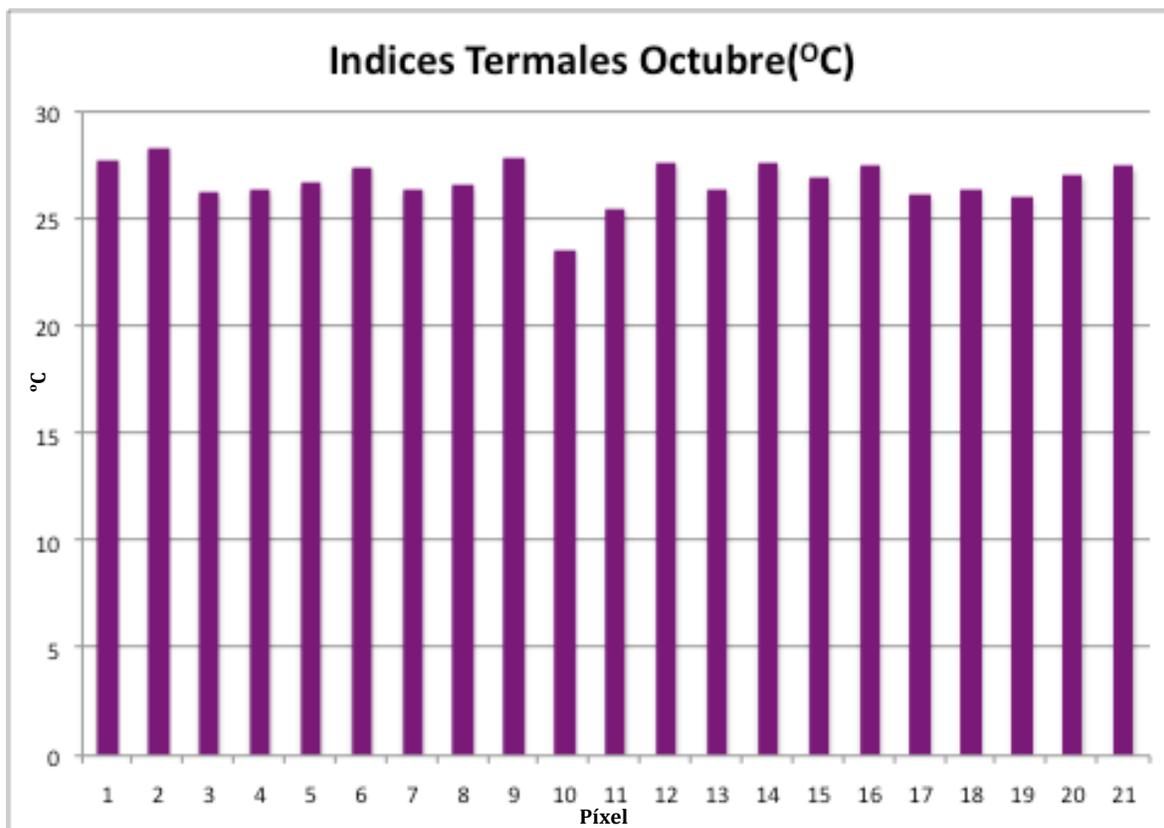


Figura 17. Índices de temperatura referentes al mes de Octubre-2008, obtenidos con la aplicación del algoritmo SST a imagen del censor AVHRR (11b).

Conclusión

La percepción remota es parte de los avances científicos en los cuales nos involucramos cada día y cual nos ayuda a monitorear actividades y procesos que ocurren en nuestro planeta Tierra. Con esta investigación se presentó y se comprobó la variabilidad termal sobre la superficie oceánica en la zona del Caribe a través de las variaciones estacionarias por el periodo de un año. Puntos claves durante la utilización de este método científico fueron tales como; establecer y mantener un margen en el tiempo de adquisición de las imágenes (resolución

temporal), disponibilidad de las imágenes en términos de accesibilidad de información y aplicación, para poder determinar la variabilidad encontrada y comparada efectivamente con la aplicación de la herramienta “MCSST” o método de calcular la temperatura superficial del océano, del programa ENVI. Con la utilización de esta aplicación se pudo determinar como la superficie del océano para la zona del Caribe varía en un rango de hasta aproximadamente seis (6) grados de diferencia a lo largo del cambio estacionario.

La capacidad de poder encontrar relaciones directas de temperatura y estaciones del año como las obtenidas en esta investigación, pueden dar paso a asociadas a cambios estacionarios y de temperatura. Producir una serie de modelos esquemáticos en donde se brinden ideas gráficas sobre el comportamiento de la zona y poder llegar a predicciones en donde se pudiese mitigar o disminuir el efecto socio-económico negativo provocado por fenómenos climatológicos en el Caribe.

Referencias

- Hale, R., et. Al., 2003, *Use of AVHRR-derived surface temperatures in evaluating a land-atmosphere model*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 24, Is. 22, p. 4527-4541
- Hernandez, J., 2000, *Atmosphere-Ocean energy an N2O exchange and mixed layer dynamics in the Caribbean sea and neighboring atlantic ocean*, Tesis Doctoral, GC 190.2.H47
- Melo, N., Cerdeira, P., *Near-surface phytoplankton distribution in the western Intra-Americas Sea: The Influence of El Niño and weather events*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 105, p. 14,029-14,043

futuras investigaciones, como por ejemplo; investigaciones relacionadas a diferentes patrones de comportamiento

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a Samuel (CID), Gilbes, F. (GERS Lab), Douglas M. & Frank E. (Univ. of South Florida), Soto, Y. (UPRM Graduate Student).

- Romaguera, M., et. al., 2006, *Estimation of sea surface temperature from SEVIRI data: algorithm testing and comparison with AVHRR products*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 27, Is. 22, p. 5081-5086.

Red cibernética:

- <http://nsidc.org/data/avhrr/index.html>
- <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>
- <http://science.nasa.gov/Realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html>
- <http://imars.usf.edu/sst/index.html>
- <http://wipe.uprm.edu>