



INSTITUTO DE METEOROLOGIA DE CUBA - CENTRO DE METEOROLOGIA MARINA - GRUPO DE METEOROLOGIA MARINA APLICADA

# Antecedentes del estudio de las energías renovables marinas en la institución

Alejandro Rodríguez Pupo, Melissa Abreu Del Sol, Ingrid Loaces Tamayo, Amilcar Calzada Estrada, Reinaldo Casals Taylor, Dailín Reyes Perdomo

# Trabajos más destacados del Instituto de Meteorología en el estudio de las fuentes de energías renovables marinas.

Achkienasi-Amezcu, A., & Mitrani-Arenal, I. (2012). *El océano como fuente de energía renovable, sus aplicaciones en Cuba*. INSTEC.

Hernández Secades, J., & Mitrani Arenal, I. (2016). *Evaluación de la energía maremotérmica en la costa norte de las Provincias Holguín y Guantánamo*. INSTEC.

Hernández, J., Mitrani, I., Amezcu, A., & Cabrales, J. (2017). *Evaluación de la energía maremotérmica en la costa norte de las provincias Holguín y Guantánamo. Evaluation of the Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) on the northern coast of the provinces Holguin and Guantanamo*.

Yull, A. (2017). *Evaluación de las potencialidades energéticas del recurso olas, en la costa norte de las provincias de Holguín y Guantánamo*. INSTEC.

Hernández, J., Mitrani, I., Cabrales, J., Hidalgo Mayo, A., Yull, A., Avalos, Y., Calzada, A., Carracedo Hidalgo, D., & Rodríguez, A. (2019). *Caracterización de las potencialidades energéticas de los mares circundantes a Cuba. Characterization of the energy potentialities of the seas surrounding Cuba*.

Mitrani-Arenal, I., & Cabrales-Infante, J. (2020). Potencial energético de las corrientes marinas en aguas cubanas. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3).

Abreu, M., Rodríguez, A., & Hernández, J. (2021). *Selección de sitios para la obtención de energía maremotérmica terrestre utilizando tecnología satelital*. INSTEC.

Loaces, I., Hernández, J., & Casals, R. (2021). *Análisis del potencial undimotriz en la región oriental de Cuba a partir del uso de un modelo espectral de oleaje*. INSTEC.

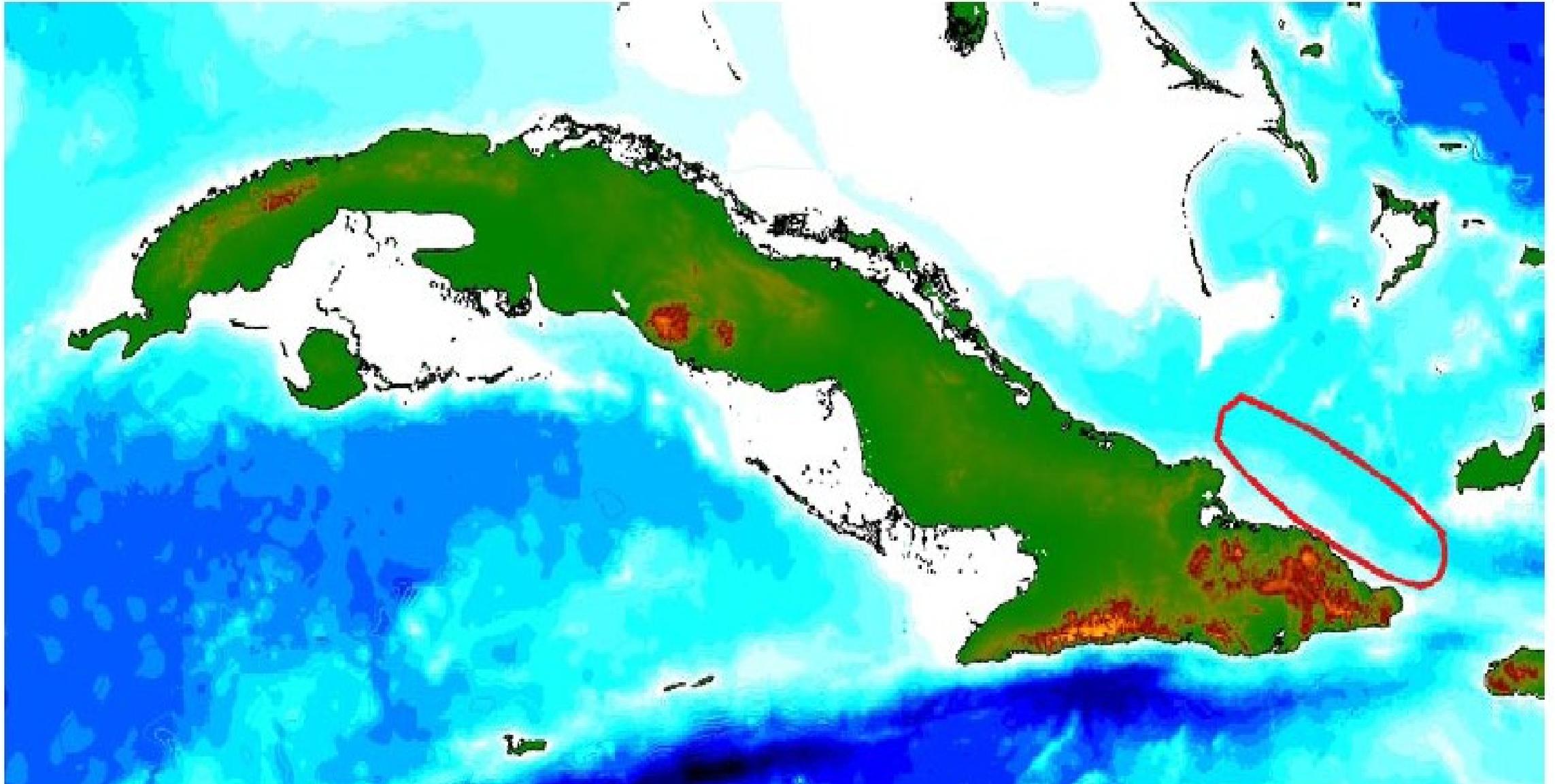
# El océano como fuente de energía renovable. Sus aplicaciones en Cuba (Achkienasi Amezcua, 2012)

Se planteó el objetivo de analizar cuáles fuentes de energía renovables podían utilizarse en territorio cubano y su factibilidad, para estimar las fuentes más idóneas en Cuba.

Se utilizaron bases de datos oceanográficas del Instituto de Meteorología en el período 1966-2000. Se utilizó el Atlas GEBCO -2003 para la batimetría.

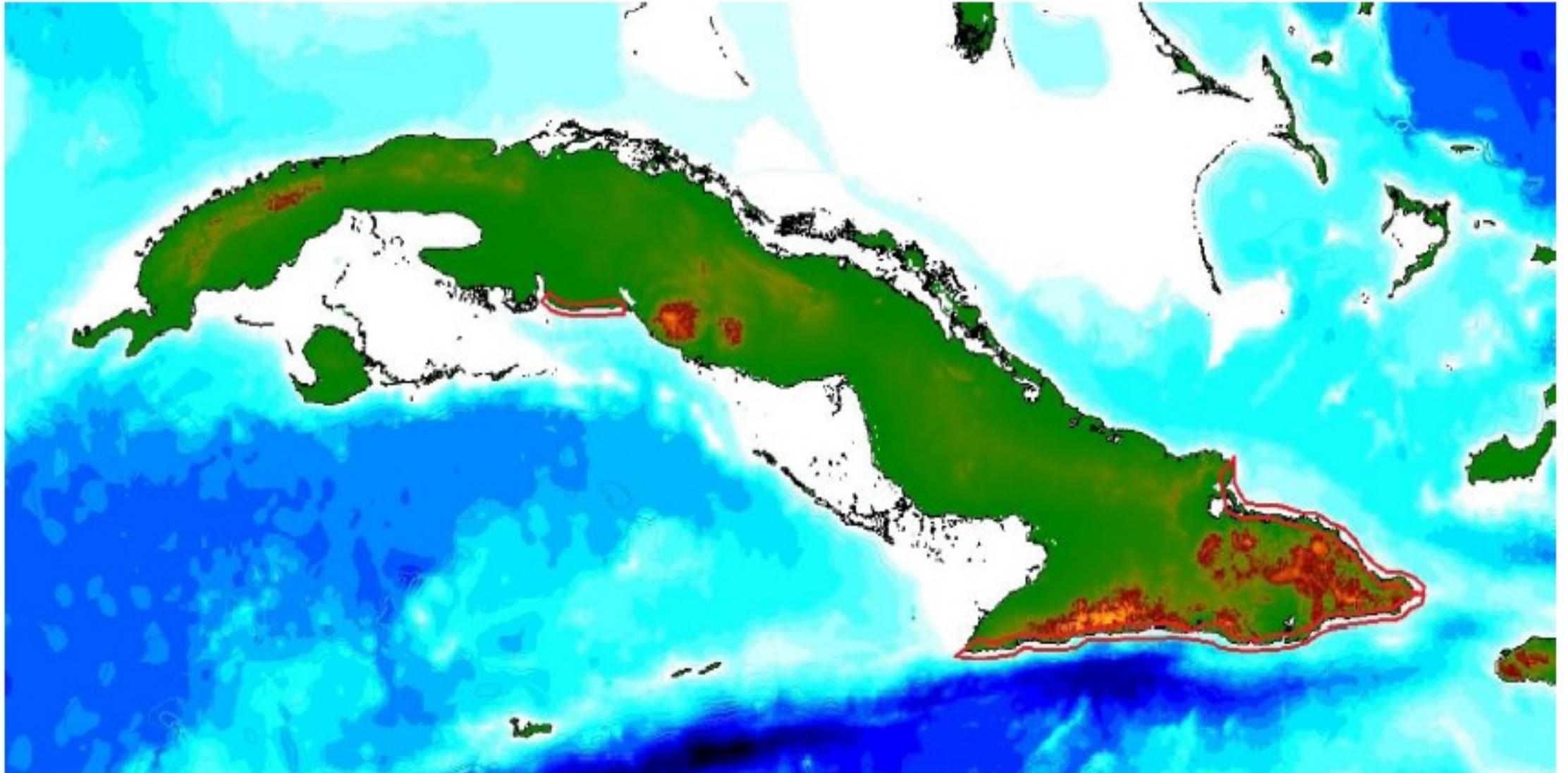
Los resultados se mostraron en mapas y fueron de aplicación en el Programa Energético Nacional de la República de Cuba.

Posible zona de ubicación de parques olamotrices en Cuba (circulada en rojo)



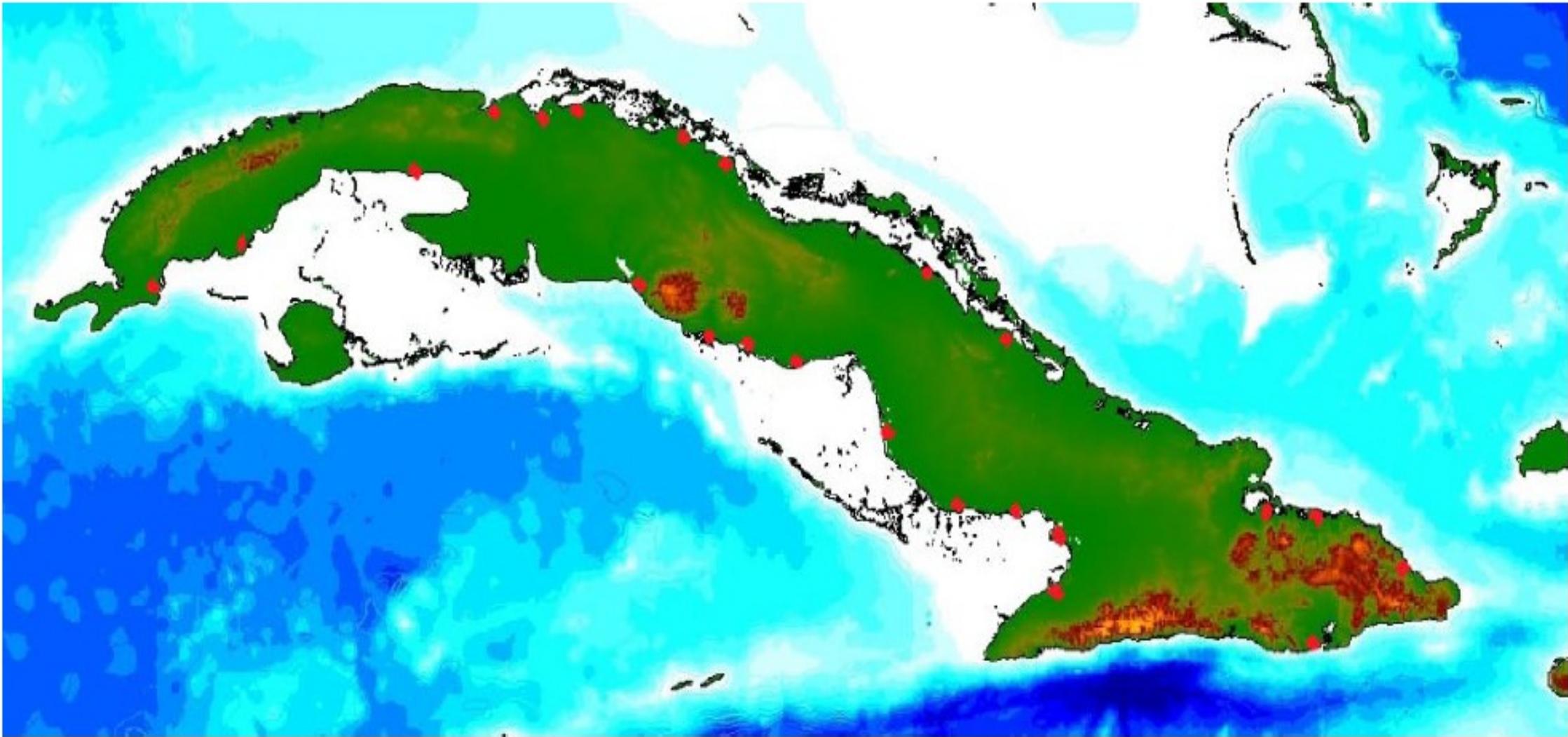
(Achkienasi Amezcua, 2012)

Posibles zonas de ubicación de centrales maremotérmicas (encerradas en rojo)



(Achkienasi Amezcuca, 2012)

Posibles zonas de ubicación de centrales de energía azul (señalados con puntos rojos)



(Achkienasi Amezcuca, 2012)

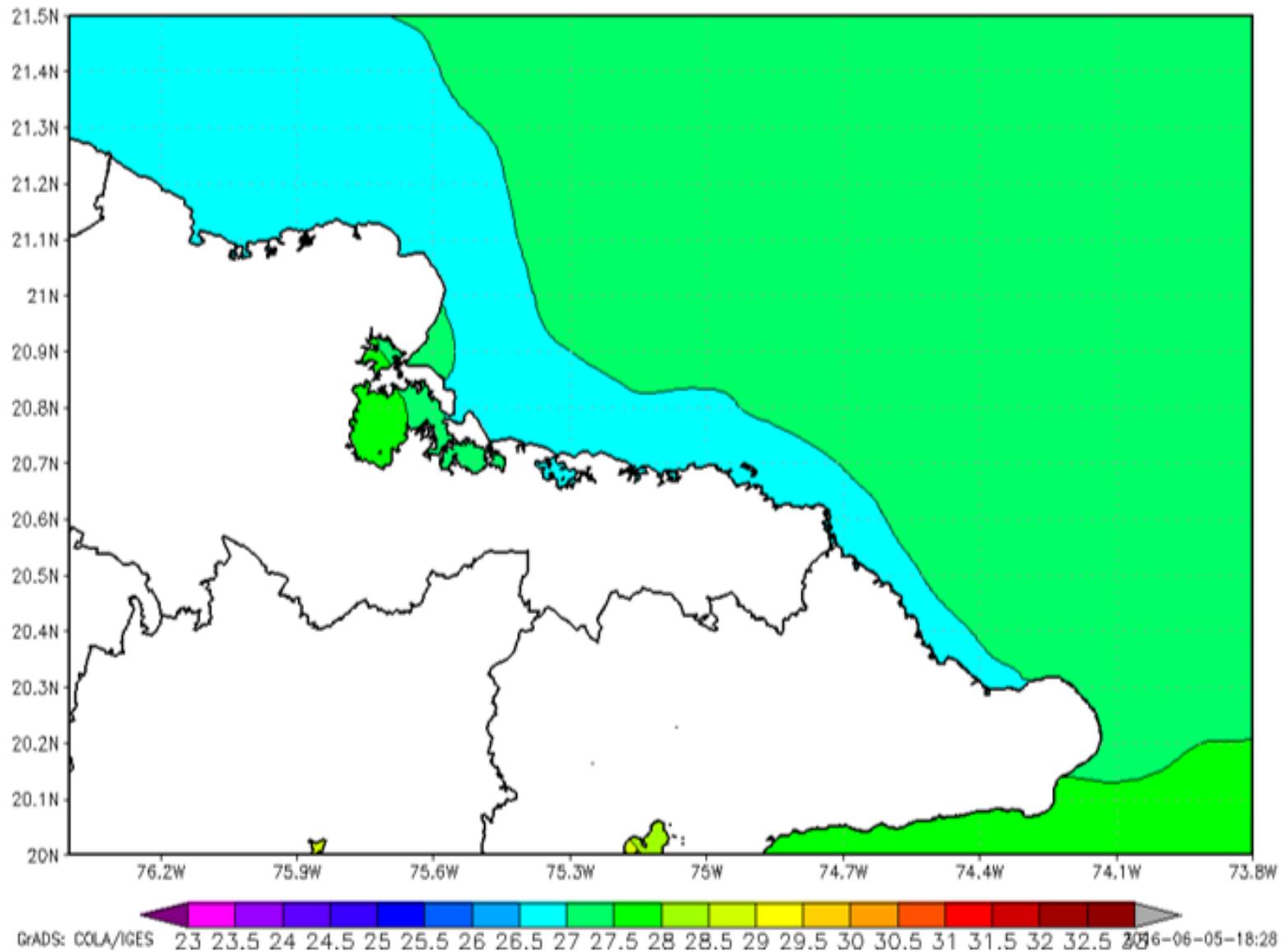
# Evaluación de la energía maremotérmica en la costa norte de las provincias Holguín y Guantánamo (Hernández Secades, 2016)

Se plantea como objetivo evaluar las potencialidades de la energía maremotérmica del territorio utilizando la metodología internacional más actualizada.

Se efectuó el procesamiento con datos satelitales de temperatura superficial descargados desde la NOAA libremente. Los datos meteorológicos y oceanográficos fueron proporcionados por el Instituto de Meteorología.

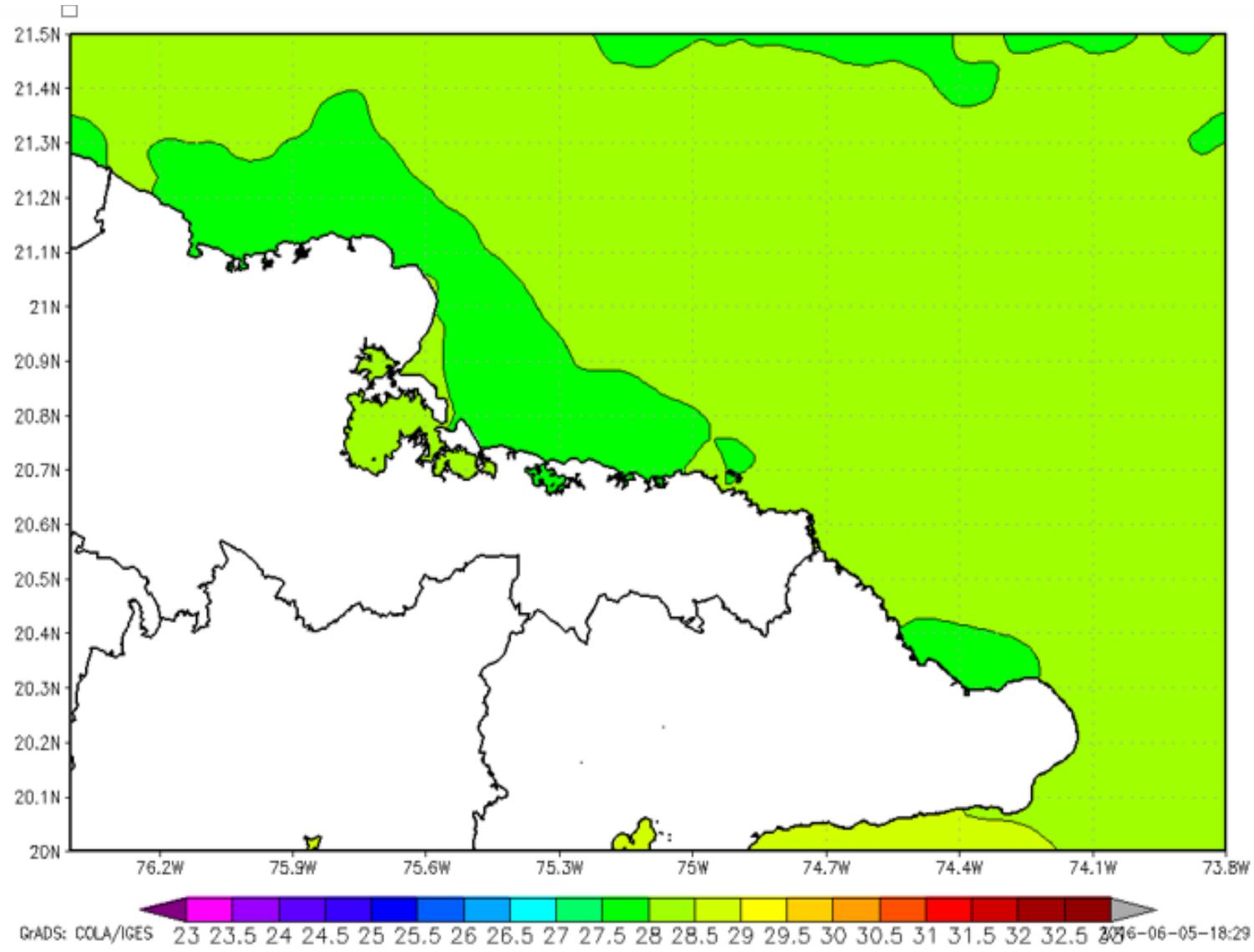
Los resultados de la investigación, tributaron al proyecto: “Caracterización de las potencialidades energéticas de los mares circundantes a Cuba”.

# Promedio anual 2012 TSM en la costa nororiental de Cuba



(Hernández Secades, 2016)

# Promedio anual 2014 TSM en la costa nororiental de Cuba



(Hernández Secades, 2016)

# Evaluación de las potencialidades energéticas del recurso olas, en la costa norte de las provincias de Holguín y Guantánamo (Betancourt Llull, 2017)

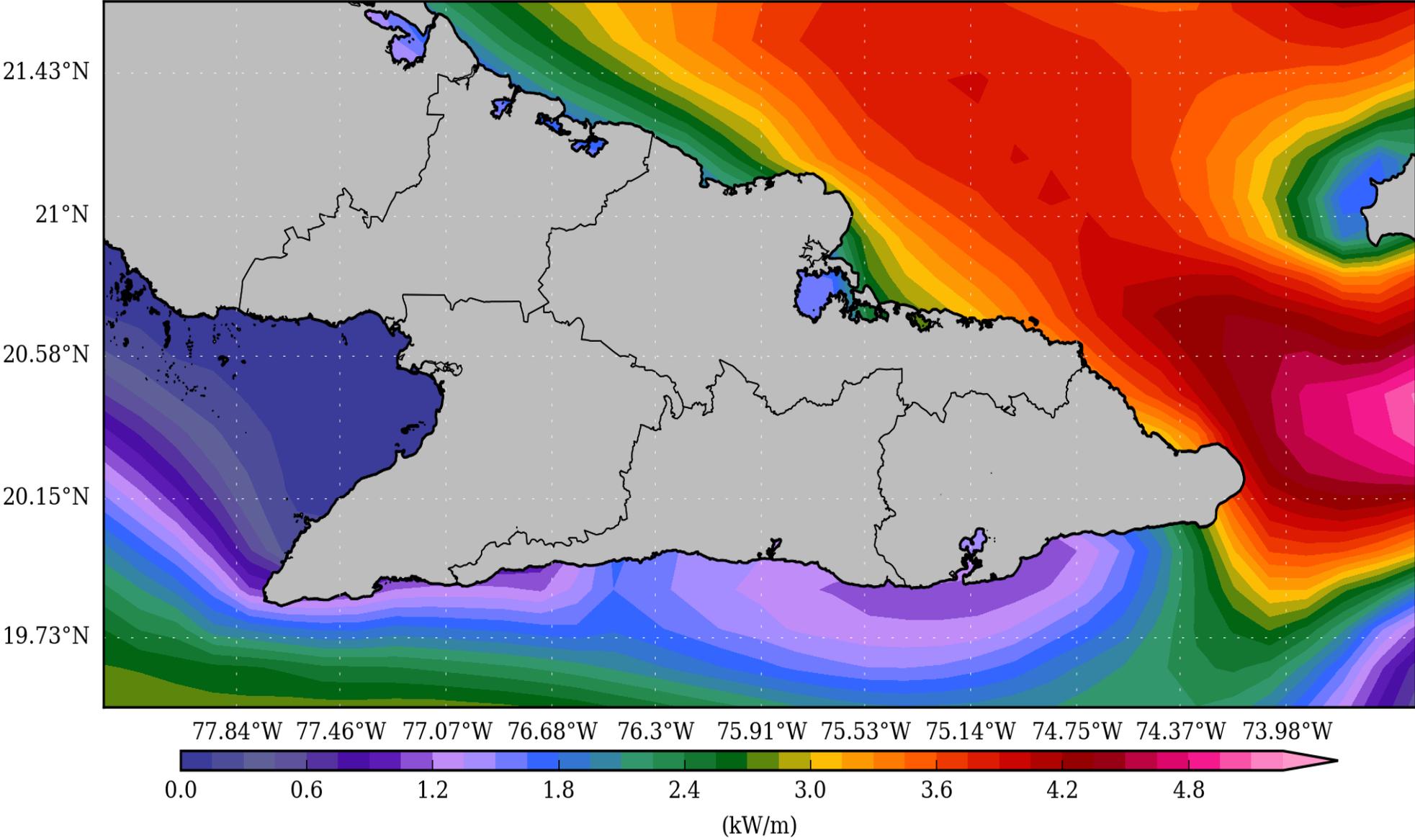
Se plantea como objetivo evaluar el potencial energético undimotriz, atendiendo a las condiciones geográficas, oceanográficas y climáticas del territorio, a partir de la estandarización de una metodología internacional destinada a este tipo de proyecto.

Fueron empleados los datos meteorológicos del periodo 1999-2016 descargados libremente de una base de datos online de la NOAA.

Se obtuvieron valores de altura significativa, periodo pico, periodo de energía, periodo medio y potencial de energía de las olas, sus cursos medios mensuales, anuales y estacionales, haciendo énfasis en la determinación del potencial olamotriz en el área de estudio.

Los resultados se asociaban al proyecto: “Caracterización de las potencialidades energéticas de los mares circundantes a Cuba”.

# Potencia media (kW/m) para el periodo (1999-2016) en el área de estudio



(Betancourt Llull, 2017)

# Análisis del potencial undimotriz en la región oriental de Cuba a partir del uso de un modelo espectral de oleaje (Loaces Tamayo, 2021)

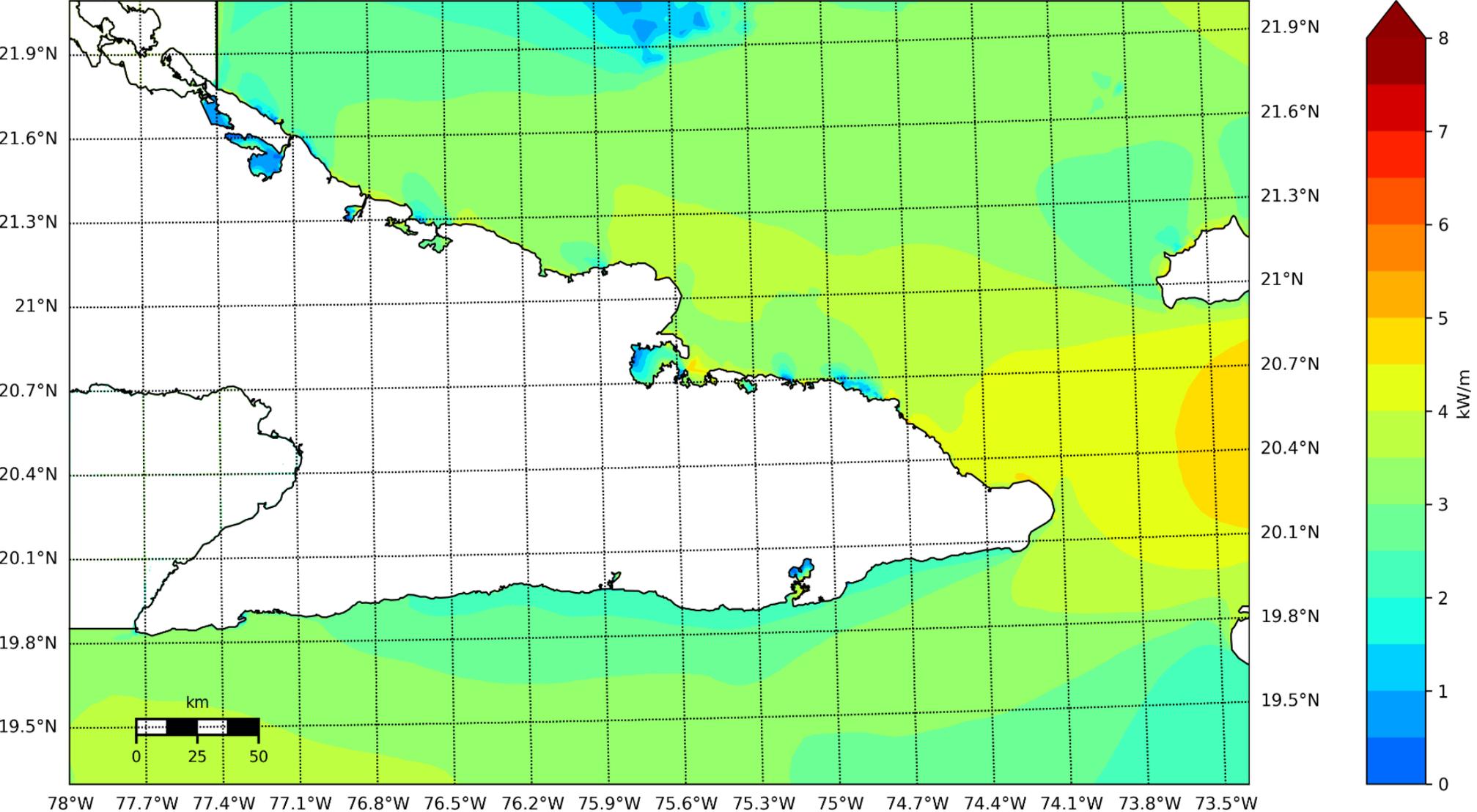
El objetivo principal fue evaluar el recurso energético en las aguas someras, considerando las transformaciones de las olas debido a la influencia del fondo marino.

Los datos de los parámetros de olas para los años 2017 - 2020 fueron obtenidos mediante el empleo del modelo espectral de oleaje SWAN, forzado con los datos de viento del modelo WRF el cual se encuentra operativo en el Instituto de Meteorología.

Se obtuvieron los valores de altura significativa, período pico, período de energía y potencial de energía de las olas, sus cursos medios y probabilidades de ocurrencia anuales y trimestrales.

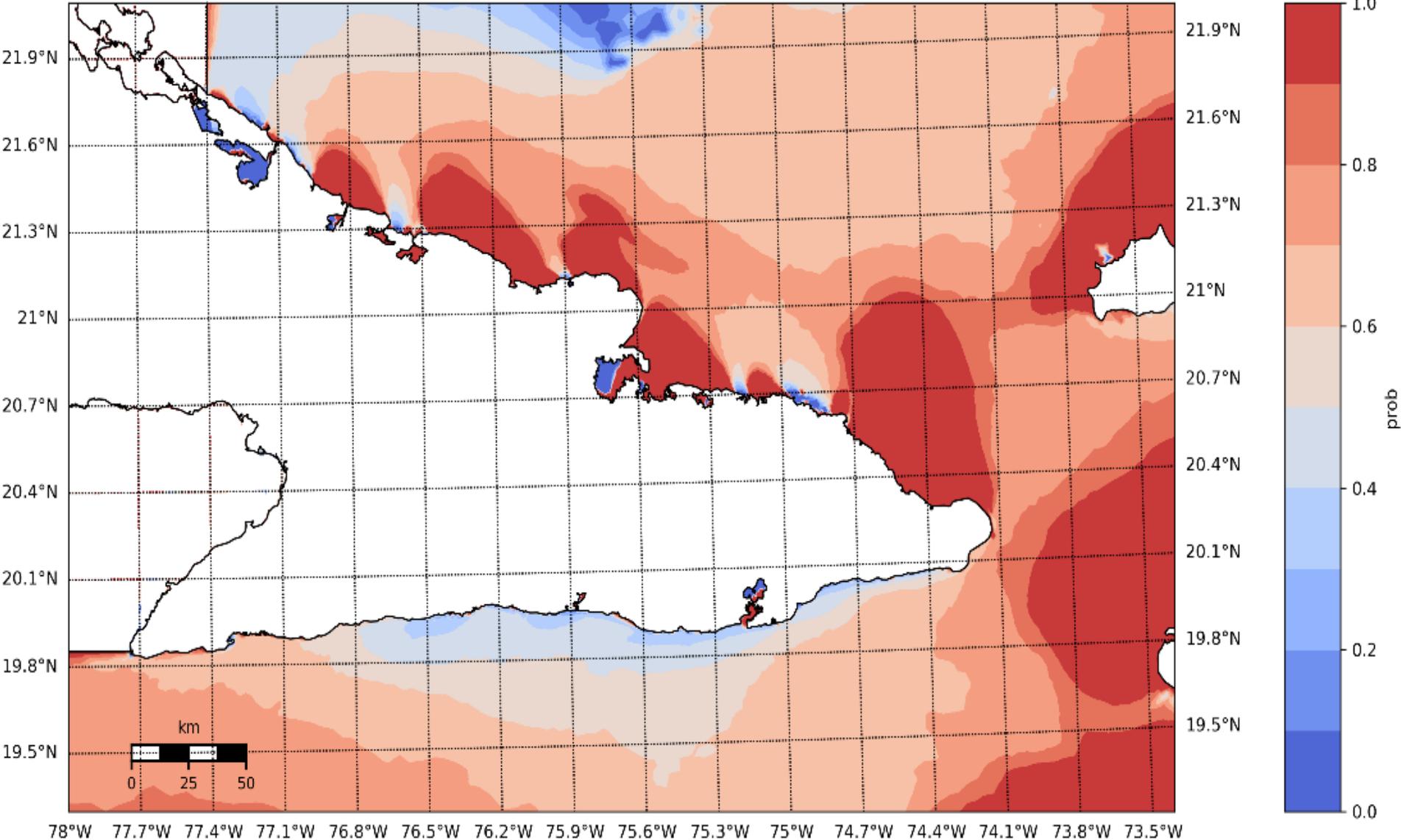
Los resultados obtenidos que se muestran en mapas, permiten llegar a la conclusión que la costa nororiental presenta los valores más significativos de potencial undimotriz y las mayores probabilidades de ocurrencia de valores superiores al mínimo potencial aprovechable.

# Distribución espacial promedio del potencial undimotriz (kW/m) para toda la data



(Loaces Tamayo, 2021)

# Probabilidad de ocurrencia de Pw superior a 2 kW/m durante toda la data analizada



(Loaces Tamayo, 2021)

# Selección de sitios para la obtención de energía maremotérmica terrestre utilizando tecnología satelital (Abreu Del Sol, 2021)

Se plantea como objetivo evaluar los lugares que ofrezcan mayor posibilidad de obtención de energía a través de OTEC terrestres, para ello se realiza una metodología de selección teniendo en cuenta la afectación de los huracanes.

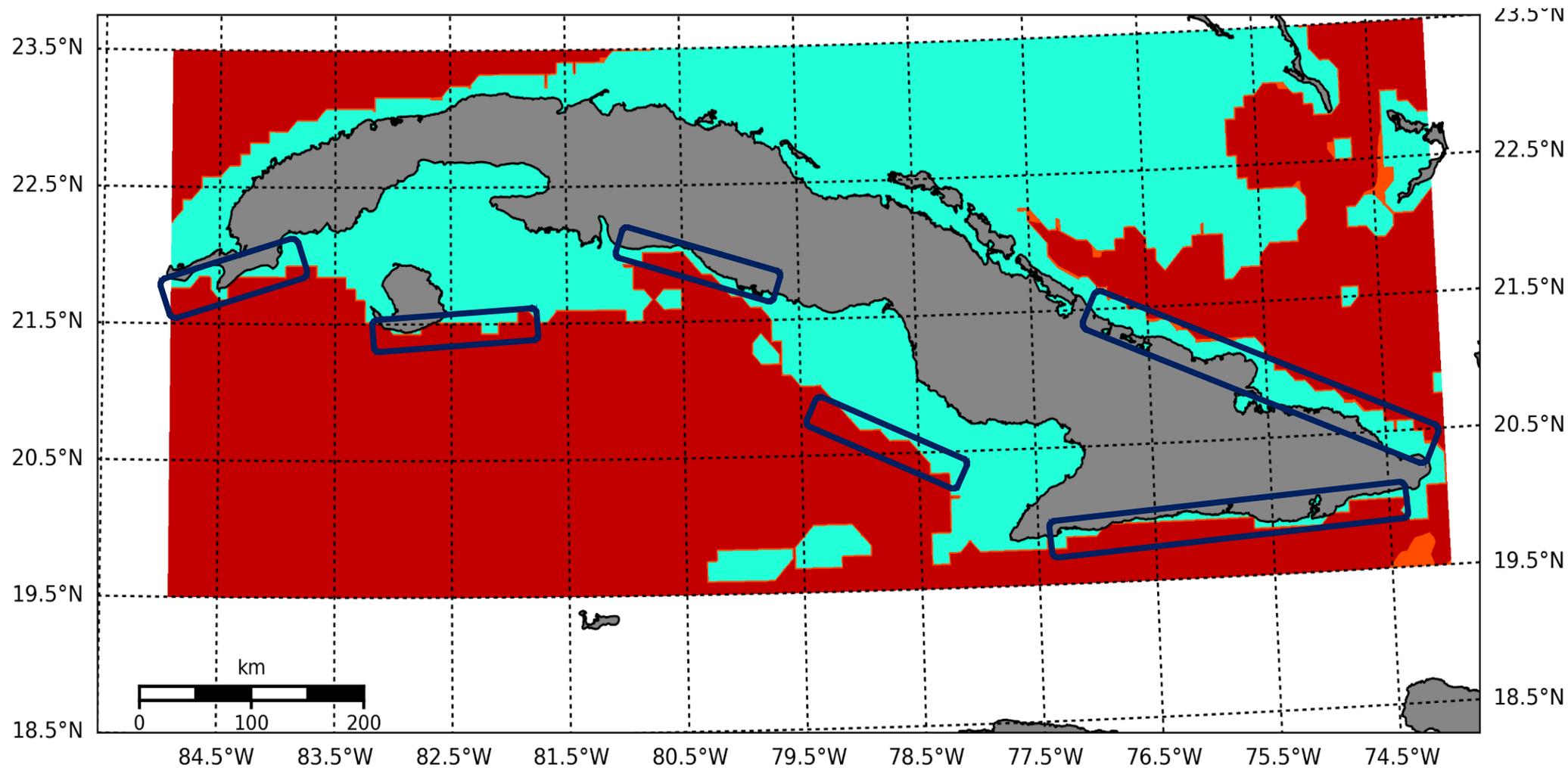
Se evalúan las áreas en cuanto a los requerimientos de eficiencia térmica la cual debe alcanzar valores mayores o iguales que 0.7.

$$\eta = \frac{T_{superficie} - T_{nivel}}{T_{superficie}}$$

Se tomaron en cuenta las distancias a la costa, tomando una distancia de 6.5 km para el contexto de Cuba ya que no posee grandes recursos económicos y la temperatura de sus mares son muy altas.

Se efectuó un estudio en cuanto a la probabilidad de afectación por fenómenos meteorológicos extremos (Huracanes) con los que se emplearon los datos del National Hurricane Center de EEUU.

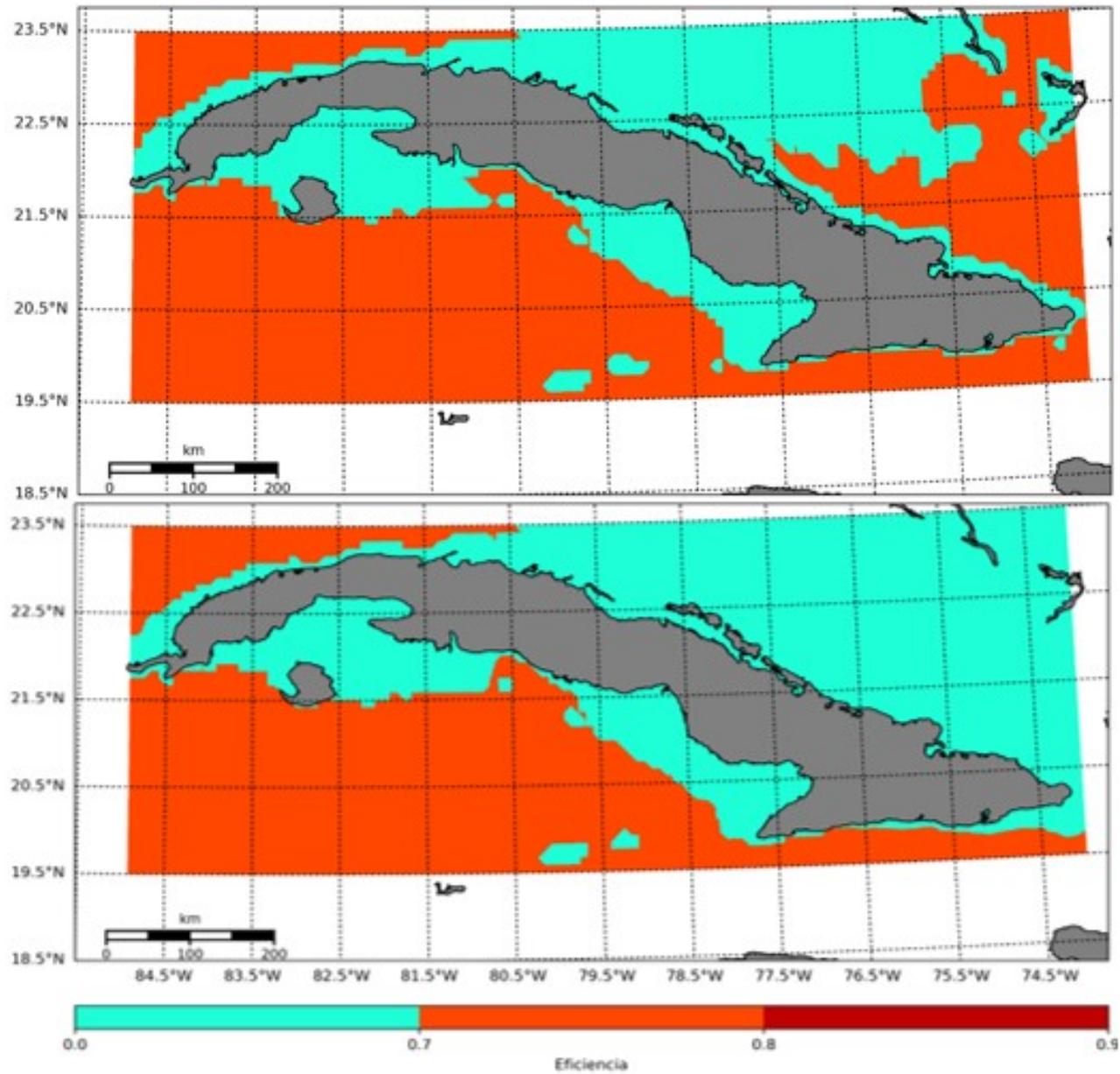
# Eficiencia Térmica anual a 1000 m de profundidad (2012-2016)



(Abreu Del Sol, 2021)

Eficiencia

# Eficiencia Térmica anual a 900 y 750 m de profundidad (2012-2016)



(Abreu Del Sol, 2021)

## Selección de lugares para instalar plantas OTEC a 6,5 km



(Abreu Del Sol, 2021)

## Puntos con menor probabilidad de afectación por huracanes



(Abreu Del Sol, 2021)

# Conclusiones

- Las mejores posibilidades de generación eléctrica a partir de la energía undimotriz se encuentran en las costas del oriente de Cuba.
- La generación a partir de la energía maremotérmica con los criterios internacionales de selección de lugares, puede efectuarse en todas las regiones costeras de Cuba, a excepción de la zona norte central.
- A 6.5 Km de distancia, en los diferentes niveles de profundidad, la generación maremotérmica puede efectuarse principalmente en la costa sur.
- La región sur oriental es la de menor probabilidad de afectación por huracanes. Este criterio puede aplicarse tanto para la energía maremotérmica como para la undimotriz.