

- La proyección de los trabajos geodésicos.
- El reconocimiento geodésico.
- La monumentación.
- El posicionamiento geodésico.
- Nivelación GPS.
- La confección del Informe Técnico.

La precisión de los trabajos se corresponde con los requisitos técnicos de las redes:

1. GNSS de 3er orden, de acuerdo a (GEOCUBA-IC 2005).
2. Nivelación GPS. Se obtendrán las alturas ortométricas con precisión de nivelación técnica:  $50 \text{ mm } \sqrt{Lkm}$ , donde L es la longitud de la línea de nivelación, expresada en km.

Se emplearon coordenadas y alturas referidas a los elipsoides Clarke 1866, el Sistema Geodésico Mundial del 1984- WGS84 y el Sistema Geodésico Mundial del 1980- GRS80 y las coordenadas planas rectangulares en las proyección cónica conforme de Lambert; sistemas Cuba Norte y Cuba Sur. También se utilizará el sistema de alturas normales referidas al datum Siboney.

Por las características de los trabajos y el área de estudio, se procedió a monumentar los puntos de forma excepcional. Para ello se crearon monumentos con las dimensiones similares a los monumentos planimétricos sencillos, cuyo centro estuvo señalado con un clavo o cabilla empotrada en el hormigón.

Para el procesamiento se instruyó al programa Leica Geo Office (LGO) emplear las observaciones L1/L2 de las constelaciones GPS y GLONASS, las efemérides precisas y resolver las ambigüedades de fase de la portadora para una línea base de hasta 300 km.

### **Ciénaga de Zapata (Ver anexo- 7)**

Debido a trabajos de ampliación y mejoramiento de la carretera Playa Larga-Santo Tomás, en el año 2012, ha sido destruida la mayoría de las estaciones altimétricas de III orden, establecidas en ese trayecto con una frecuencia de 1 km a 2 km en la década del 80. Se procedió a construir dos monumentos sencillos, para crear la red altimétrica base de monitoreo; denominados JIMENEZ y MONITO, ubicados respectivamente frente a la estación ecológica del CITMA y en el caserío de Santo Tomás. (Ver tabla ).

Tabla: Tabla- Denominación de las estaciones creadas en CZ y sus coordenadas.

| Estación | WGS-84  |    |       | WGS-84   |    |       | Altura<br>(m) | Cuba Norte |           | H<br>(m) |
|----------|---------|----|-------|----------|----|-------|---------------|------------|-----------|----------|
|          | Latitud |    |       | Longitud |    |       |               | X          | Y         |          |
|          | °       | '  | ''    | °        | '  | ''    |               |            |           |          |
| MONITO   | 22      | 24 | 27.19 | 81       | 26 | 44.15 | -16.60        | 454121.43  | 286736.28 | 1.88     |

|         |    |    |       |    |    |       |       |           |           |      |
|---------|----|----|-------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------|
| JIMENEZ | 22 | 19 | 04.18 | 81 | 11 | 20.69 | -16.5 | 480503.78 | 276692.42 | 2.83 |
|---------|----|----|-------|----|----|-------|-------|-----------|-----------|------|

El enlace se realizó desde la estación CRIM-G (figura 3) a los puntos PLAMI y 32238. CRIM-G consiste en un pilar de hormigón con tornillo de centración forzada, ubicado en una finca en el poblado de Crimea. El mismo está situado a una distancia aproximada de 30 m de la estación Crimea, perteneciente a la red de triangulación de 1er. orden. (Ver figura)

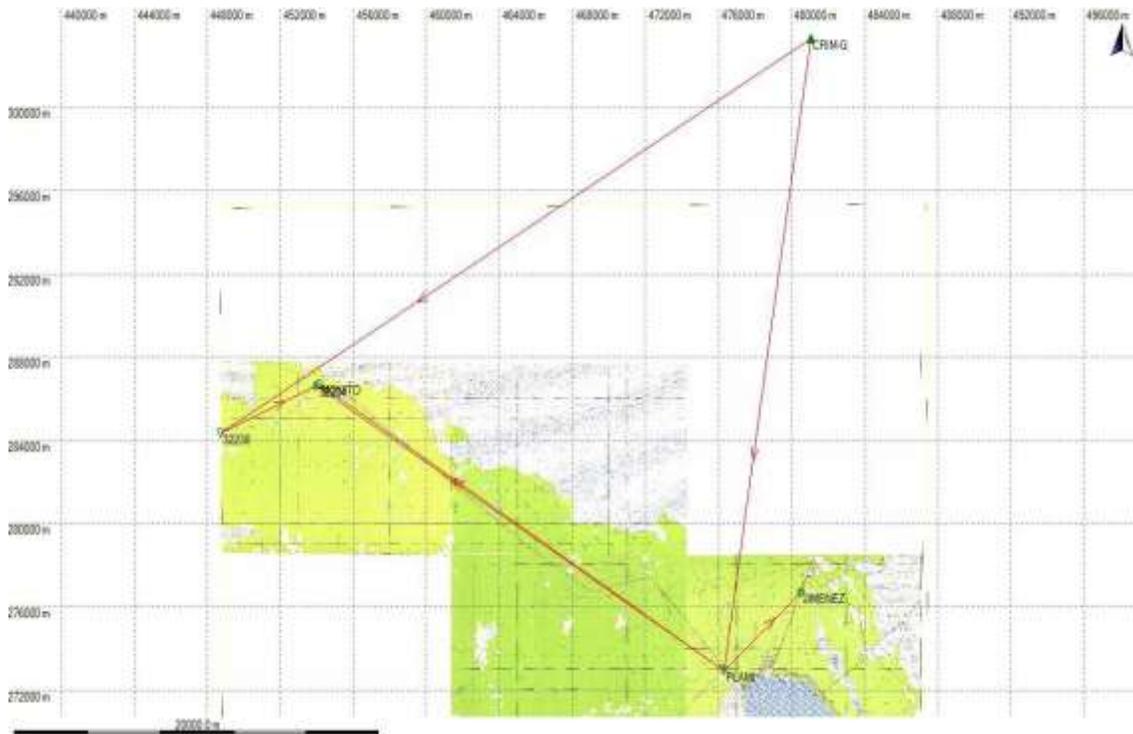


Figura: Enlace realizado para determinar la ubicación de los puntos Jiménez y Monito.

Las mediciones se desarrollaron en dos sesiones de hora y media cada una. Entre la primera y la segunda sesión se procedió a apagar el receptor y variar la altura de la antena (renivelación). Después del procesamiento la ubicación 3D de los puntos se obtuvo con una precisión de  $\pm 0,020$  m y  $\pm 0,028$  m, para las estaciones 32238 (figura 4) y PLAMI (figura 5), respectivamente, cumpliéndose las exigencias técnicas planteadas en el proyecto. Este nivel de precisión, por convergencia interna, supera el normado para las estaciones de 1er. orden de la RGN.



Fig.3 Estación CRIM-G



Fig. 4 Ocupación de la estación 32238 con el receptor System300 (SR9500)



Fig. 5 Ocupación de la estación PLAMI con el receptor Viva GS10

El enlace GPS se realizó desde la estación CRIM-G a las estaciones PLAMI y 32238, alcanzándose una exactitud 3D de éstos mejor a  $\pm 0,03$  m, cuestión que cumple con los requisitos del proyecto.

Desde la estaciones PLAMI y 32238 se determinó la estación altimétrica 32234 (e.m.c.  $3D \pm 0,016m$ ) y los puntos de nueva creación MONITO y JIMENEZ (e.m.c.  $3D \pm 0,001$  m y  $\pm 0,002$  m, respectivamente).

Para la determinación altimétrica de los puntos se utilizó una metodología de cálculo con el modelo geopotencial terrestre EGM2008, que permitió alcanzar niveles de precisión compatibles con el IV orden de nivelación geométrica tradicional.

### **Jardines de la Reina (Ver anexo 8)**

Se monumentaron cinco estaciones nuevas en la zona de la cayería de Jardines de La Reina, con vistas a garantizar que las líneas base entre los puntos contiguos en esta zona de estudio no supere los 20 km, magnitud crítica para la tecnología GPS L1, que se empleará en los levantamientos locales. En el anexo 4 se muestra el esquema de la ubicación de las nuevas estaciones (triángulos blancos). En la tabla 4 se brinda la información sobre la ubicación de estos puntos.

Tabla- Denominación de las estaciones creadas y sus coordenadas.

| Estación | Latitud WGS84 ( $\phi$ ) |    |          | Longitud WGS84 ( $\lambda$ ) |    | Altura WGS84 (h) | Sistema Cuba Sur |           | Altura    |       |
|----------|--------------------------|----|----------|------------------------------|----|------------------|------------------|-----------|-----------|-------|
|          | °                        | '  | "        | °                            | '  | "                | m                | x (m)     | y (m)     | m     |
| 510613   | 20                       | 42 | 2,33764  | 77                           | 58 | 40,93076         | -20,013          | 380730,73 | 227714,87 | 1,142 |
| ANCLA    | 20                       | 47 | 59,68483 | 78                           | 57 | 2,40577          | -18,516          | 279560,10 | 239723,14 | 1,926 |
| CAGUA    | 20                       | 35 | 6,99991  | 78                           | 25 | 53,34791         | -19,579          | 333370,42 | 215342,96 | 0,896 |
| KAWAMA   | 20                       | 35 | 9,25065  | 78                           | 25 | 53,61662         | -19,775          | 333363,32 | 215412,25 | 0,699 |
| PERA     | 20                       | 37 | 26,06119 | 78                           | 33 | 9,00827          | -19,864          | 320800,54 | 219748,24 | 0,457 |

La unidad de Flora y Fauna de Santa Cruz del Sur, situada en la bahía fue el centro de operaciones de los trabajos. Cerca de la misma se encuentra una oficina catastral de GEOCUBA, en cuyo territorio se encontraron varios puntos altimétricos, pertenecientes a la red del circuito mareográfico de Santa Cruz del Sur: 510611, 510612, 510613 (figura). Estos puntos por su protección constituyen un sitio adecuado para crear un punto de referencia para la red de los cayos.

El despliegue de estaciones en el lugar, se realizó de la manera siguiente:

El orden empleado para la ocupación GNSS fue el siguiente:

- Determinación de las coordenadas y las alturas (WGS84) de las estaciones REDE-G y 510613 adoptando como referencia REDENTOR.
- Desde la estación 510613 se determinaron las coordenadas y las alturas (WGS84) de los puntos altimétricos 510611 y 510612.
- Desde la estación 510613 se determinaron las coordenadas y las alturas (WGS84) de los puntos altimétricos 510611 y 510612.
- Desde la estación 510613 se determinaron las coordenadas y las alturas (WGS84) de los puntos altimétricos de II orden que servirían para el control de la nivelación GNSS.
- Desde la estación 510613 se determinaron las coordenadas y las alturas (WGS84) de los puntos creados en los cayos.

**Fig. 1** Ubicación de los puntos altimétricos para la nivelación GNSS



**Fig. 2** Ubicación de los puntos altimétricos del circuito mareográfico

Teniendo en cuenta estos elementos se planificó las mediciones de las estaciones de acuerdo a la factibilidad del movimiento y ocupación de las mismas, en un orden diferente al que se utilizaría en postproceso para determinar los valores finales de coordenadas y alturas.

#### **Enlace desde la estación REDENTOR a los puntos REDE-G y 510613.**

Las mediciones utilizaron experiencias anteriores de acercar la base geodésica al área de trabajo con la tecnología Leica Viva GS10, con el propósito de alcanzar mayores niveles de precisión y productividad y se desarrollaron en la tarde del día 10 de enero. Se ejecutaron con el propósito de:

- Determinar las coordenadas preliminares de la estación REDE-G de la futura Red GNSS Fundamental (RGF), ubicada a 16,1 m al noreste de la estación de la Campaña GPS del 1998 REDENTOR.
- Dotar de coordenadas y alturas preliminares precisas en el sistema WGS84 a la estación 510613, que por las características de su ocupación (sitio protegido y libre de obstrucción natural o artificial) fungiría en lo adelante como estación de referencia para el resto de las determinaciones.

La duración de la ocupación de la estación REDENTOR fue de 2 horas, que coincide con el tiempo útil de medición para el punto 510613 (figura 5). Mientras se realizaron

dos sesiones, de una hora cada una, para el enlace REDENTOR - REDE-G.

El cálculo preliminar de las coordenadas y alturas elipsoidales concluyó que los errores en la ubicación tridimensional (3D) de los puntos fueron de  $\pm 1$  cm y  $\pm 3$  cm, para REDE-G y 510613, respectivamente. Esta precisión satisface plenamente las exigencias para los trabajos posteriores.



**Fig.**  
Ocupación de  
la estación  
REDE-G

**Fig. 5** Ocupación de la estación  
510613

**Enlace desde 510613 a los puntos 510611 y 51012.**

Para la ejecución de los trabajos se utilizaron tres receptores para ocupar al mismo tiempo la estación 510613 (referencia) y los puntos 510211 (**figura 6**) y 510612 (**figura 7**). Se realizaron dos sesiones de medición con una duración de 1 hora cada una.

El cálculo preliminar de las coordenadas y alturas elipsoidales concluyó que los errores en la ubicación tridimensional (3D) fueron de  $\pm 2$  cm, y  $\pm 3$  cm, para los puntos 510611 y 510612, respectivamente. Esta precisión satisface el objetivo de analizar localmente el comportamiento del modelo EGM2008 para la nivelación GNSS.



**Fig. 6** Ocupación de la estación 510611



Fig. 7 Ocupación de la estación 510612

**Enlace desde 510613 a los puntos altimétricos de II orden.**

Las mediciones se ejecutaron en la tarde del 11 de enero, utilizándose tres receptores para ocupar al mismo tiempo la estación 510613 (referencia) y los cinco puntos 510285 (figura 8), 510286 (figura 9), C-2283 (figura 10), C-4649 (figura 11) y 510286 (figura 12) y con duraciones de la ocupación en dependencia de la longitud de la línea base, iguales a 105 minutos, 75 minutos, 60 minutos, 60 minutos y 50 minutos, respectivamente.

El cálculo preliminar de las coordenadas y alturas elipsoidales concluyó que los errores en la ubicación tridimensional (3D) fueron de  $\pm 0,3$  cm,  $\pm 1,1$  cm,  $\pm 0,2$  cm,  $\pm 1,1$  cm y  $\pm 0,1$  cm para los puntos 510285, 510286, C-2283, C-4649 y 510286, respectivamente. Al igual que en el caso del epígrafe anterior, esta precisión satisface el objetivo de analizar localmente el comportamiento del modelo EGM2008 para la nivelación GNSS.



**Fig. 8** Ocupación de la estación 510285

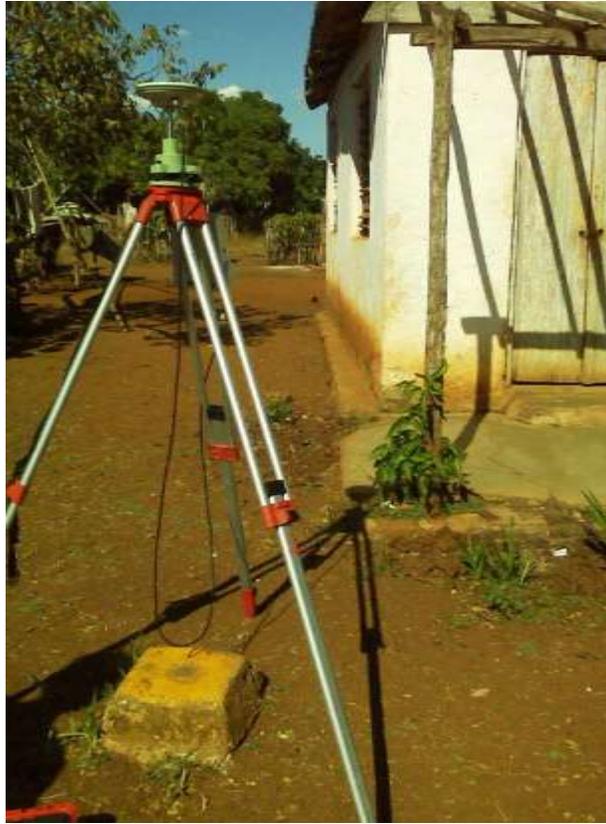


Fig. 9 Ocupación de la estación 510286



Fig. 10 Ocupación de la estación C-2283



Fig. 11 Ocupación de la estación C-4649



Fig. 12 Ocupación de la estación 510616

**Enlace desde la estación 510613 a los puntos de la cayería.**

Las determinaciones GNSS de los puntos situados en la cayería (CAGUA, KAWAMA, PERA y ANCLA) figura - figuras 13, 14 y 15, 16) respectivamente.



Fig. 13 Ocupación de la estación CAGUA

Utilizando como referencia la estación 510613, se realizaron dos sesiones de medición en el punto CAGUA con una duración de 10 horas y 4,5 horas, respectivamente. Al mismo tiempo se ocupó la estación KAWAMA en dos sesiones de una hora y dos horas, previendo emplear como referencia para el cálculo a CAGUA. Las estaciones PERA y ANCLA fueron determinadas con tiempos de ocupación de 15,5 horas y 4,1 horas, respectivamente.

El cálculo preliminar de las coordenadas y alturas elipsoidales evidenció que los errores en la ubicación tridimensional (3D) fueron de  $\pm 0,5$  cm,  $\pm 0,4$  cm,  $\pm 0,1$  cm, y  $\pm 0,1$  cm para los puntos CAGUA, KAWAMA, PERA y ANCLA, respectivamente. La precisión alcanzada, a partir del cálculo preliminar indica que los puntos clasifican como de 2do. orden GNSS y pueden servir como puntos de referencia para los trabajos futuros de levantamientos en la zona de la cayería.



Fig. 14 Ocupación de la estación KAWAMA



Fig. 15 Ocupación de la estación PERA



Fig. 16 Ocupación de la estación ANCLA

### III.2- LEVANTAMIENTO CON VANTS DE SECTORES DE INTERÉS Y CREACIÓN DE MODELO DIGITAL DEL TERRENO EN CIÉNAGA DE ZAPATA.

La tarea de levantamiento aéreo-fotográfico se realizó para obtener imágenes aéreas de alta resolución espacial y la creación de modelos digitales, en sectores prioritarios para el hábitat de cocodrilo cubano en la Ciénaga de Zapata.

Para la ejecución del levantamiento aéreo se realizó una planificación de vuelo como referencia para la toma fotográfica, donde se cumplieron los siguientes parámetros que garantizan una ortofotografía base para la escala de salida 1:2000. La velocidad de la aeronave fue de 70 km/h, la altura de vuelo es de 500 m, para garantizar la escala. El poder resolutivo obtenido acorde a la altura y a la distancia focal de la cámara ( $f=20$  mm) es de 12 cm/pixel. Se garantizó un solape longitudinal del 60%. Distancia total de las líneas levantadas fue de Km entre todos los vuelos. Con un tamaño de la toma en tierra de 604 x3 66 m. Periodo de disparo de la cámara fotográfica cada 4 segundos, con un tiempo de exposición a luz 1/1000.

Tabla - Características de la cámara empleada:

| Modelo de Cámara | Resolución | Distancia Focal | Pixel |
|------------------|------------|-----------------|-------|
|------------------|------------|-----------------|-------|

|               |           |      |                      |
|---------------|-----------|------|----------------------|
| NEX-5R (20mm) | 4912x3264 | 20mm | 4.89089 x 4.89089 um |
|---------------|-----------|------|----------------------|

Después del vuelo se recogen y se revisan todas las imágenes descargadas de la cámara del avión, descartando las que no cumplen los parámetros pertinentes para la escala de salida que se quiere lograr y teniendo en cuenta que no afecte el resto del bloque. Una vez realizada esta operación se le realizan una serie de procesos a dichas imágenes hasta llegar a un resultado final, que sería la obtención de pares de fotografías y una ortofotografía para cada uno de los vuelos realizados.

El levantamiento aéreo comprendió la realización de cuatro vuelos (ver figura a,b,c y d), con el vehículo aéreo no tripulado (VANT) marca BERTKUT. Teniendo como resultado un total de 2010 imágenes entre todas las líneas de vuelo.



Para el amarre del levantamiento aéreo fueron densificados un total de 56 puntos en el terreno (ver tabla) de los que se usaron solo 26 durante el proceso de ortorectificación, ya que el contraste del fondo con el color de las marcas utilizadas no permitieron encontrar siempre por procesador los puntos de control planificados previamente para garantizar una distribución homogénea de los mismos en el territorio levantado. La medición se realizó empleando GPS Diferencial, utilizando como base las estaciones de referencia Monito y Jiménez.

Tabla: Puntos de control medidos en el terreno que no utilizados en el procesamiento.

| Ptos | Latitud     | Longitud    | Altura |
|------|-------------|-------------|--------|
| 2242 | 22.38778262 | -81.5481371 | 1.143  |
| A10  | 22.19001959 | -81.3868848 | -0.082 |
| A11  | 22.18330769 | -81.393582  | 0.161  |
| A12  | 22.20019928 | -81.4913667 | 0.405  |
| A13  | 22.1987971  | -81.4896483 | 0.472  |
| A14  | 22.18314122 | -81.5567021 | 0.174  |
| A15  | 22.18392208 | -81.5579592 | 0.362  |
| A17  | 22.19218159 | -81.6033992 | 1.007  |
| A100 | 22.23591262 | -81.3569613 | 1.239  |
| B1   | 22.32066745 | -81.4733623 | 1.974  |
| B3   | 22.30567144 | -81.4735573 | 0.45   |
| B9   | 22.22796614 | -81.4883291 | 0.415  |
| B100 | 22.33574852 | -81.4723452 | 2.64   |
| B101 | 22.28699352 | -81.4692911 | -4.729 |
| B102 | 22.28411095 | -81.4659564 | 0.486  |
| C1   | 22.31578375 | -81.52962   | -0.079 |
| C11A | 22.3476456  | -81.4947667 | 2.007  |
| D10  | 22.36903969 | -81.581179  | 1.477  |
| D100 | 22.32060103 | -81.5572245 | 0.497  |
| D101 | 22.32094118 | -81.5577669 | 1.575  |
| D102 | 22.30356123 | -81.5889422 | 0.474  |
| D104 | 22.31096302 | -81.570116  | 0.671  |
| D105 | 22.30699611 | -81.5531742 | 0.183  |
| D106 | 22.29071734 | -81.5586178 | 0.233  |
| D107 | 22.28190517 | -81.565389  | -0.076 |
| D108 | 22.33622337 | -81.5609242 | 0.483  |
| D109 | 22.35997055 | -81.5514642 | 0.821  |
| D110 | 22.37841085 | -81.5535059 | 3.327  |
| D112 | 22.35126648 | -81.5509234 | 0.491  |
| D113 | 22.35195873 | -81.5516872 | 1.424  |
| D115 | 22.3667921  | -81.5542995 | 1.114  |

El vuelo 1, cubrió una distancia lineal de 21.14 Km, se capturaron 570 imágenes y se emplearon cuatro puntos de control.

El vuelo 2, cubrió una distancia lineal de 15.65 Km, se capturaron 465 imágenes y se emplearon seis puntos de control.

El vuelo 3, cubrió una distancia lineal de 12.30 Km, se capturaron 503 imágenes y se emplearon ocho puntos de control bien distribuidos en el terreno, los cuales garantizan una altimetría con un error medio cuadrático de 2 cm.

El vuelo 3, cubrió una distancia lineal de 12.83 Km, se capturaron 470 imágenes y se emplearon 10 puntos, distribuidos hacia el norte en el área.

Como resultado de la densificación geodésica en trabajos anteriores realizados en la Ciénega de Zapata y del propio proyecto; fueron recopilados un total 100,5026 puntos altimétricos (Ver figura), a partir del cual se generó un modelo digital del terreno con una resolución espacial de 10m (Ver figura).

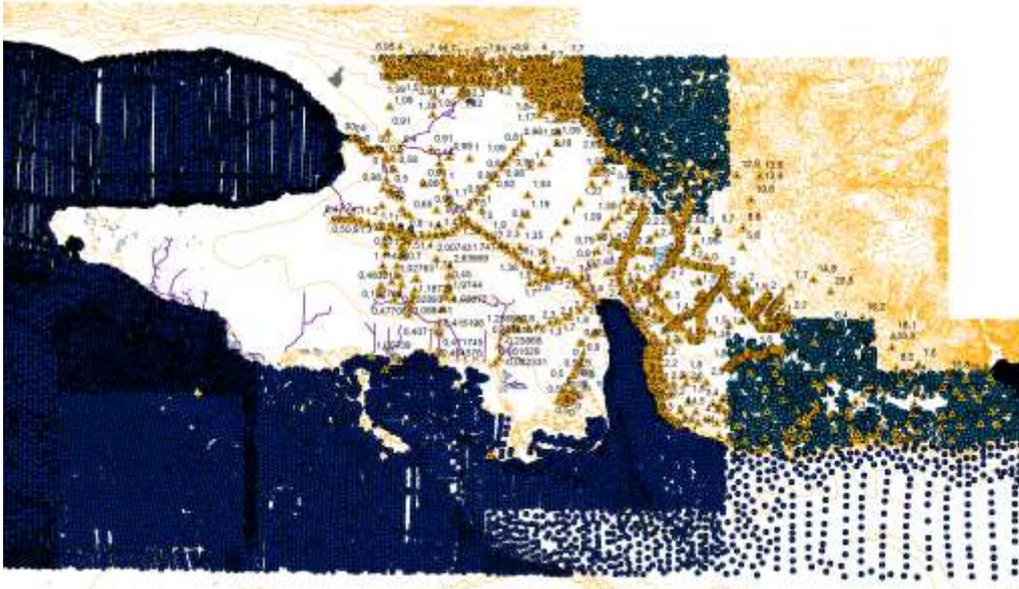


Figura- Densificación de puntos altimétricos resultado de levantamientos anteriores.



Figura- Modelo digital del terreno con resolución espacial de 10m.

Modelación de inundación

#### **IV- VULNERABILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD MARINO-COSTERA DE DOS GEOSISTEMAS DEL SUR DE CUBA AL CAMBIO CLIMÁTICO**

##### **IV.1- DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS OCURRIDOS EN EL PAISAJE**

**Cambios en los paisajes y en la cobertura de la superficie terrestre, con énfasis en la vegetación natural y seminatural**

El objetivo de esta tarea es sentar las bases, para la realización de monitoreo sobre la cobertura del territorio estudiado (considerado aquí como la cobertura de la superficie emergida, las formaciones vegetales y una aproximación simplificada a los ecosistemas y los paisajes) en las áreas del proyecto.

Este se enmarca en el objetivo del proyecto: **Desarrollar las capacidades nacionales y locales para evaluar la vulnerabilidad de la biodiversidad y las comunidades al cambio climático así como establecer estrategias de adaptación**; y dentro de este en la tarea: Análisis de los cambios ocurridos en el paisaje en los últimos 100 años.

##### **PN CIÉNAGA DE ZAPATA**

El Área Protegida de Recursos Manejados (APRM) Península de Zapata, ocupa todo el extremo sur de la provincia Matanzas e integra el municipio Ciénaga de Zapata,

parte de los municipios Unión de Reyes, Jagüey Grande, Calimete y área de la plataforma insular. Abarca una superficie total de 720 748,74 ha, de esta 512 036,96 ha corresponden a la parte terrestre y 208 711,78 ha a la marina (CECM, 2010). Limita al Norte con los municipios Unión de Reyes, Jagüey Grande y Calimete de la provincia Matanzas, al Este con los municipios Aguada de Pasajeros y Abreus de la provincia Cienfuegos, al Oeste con el municipio Nueva Paz de la provincia Mayabeque y al Sur con el Mar Caribe.



Figura. Área Protegida de Recursos Manejados Península de Zapata.

En las décadas de los 60s y 70s, principalmente en su porción Oriental, el humedal fue sometido a grandes transformaciones antrópicas. Se construyó grandes sistemas de drenaje y varias obras hidrotécnicas, que provocaron en los últimos años la disminución del aporte hacia el área, descarga rápida al mar, aumento de inundaciones en la época lluviosa (Petrova, 2007).

Esta sobreexplotación provocó el incremento de la salinidad en varias áreas del humedal, e incluso, fuera de este; tanto en vías fluviales, como en pozos, lo que obligó al sellaje de varios pozos, al cambio de fuente y al abandono de algunas áreas.

La aplicación de los fertilizantes químicos causó el aumento de contenido de nitratos en las aguas subterráneas, en las áreas cercanas a la Ciénaga, y la aparición en algunas vías fluviales; mientras que el vertimiento de residuales domésticos sin tratamiento también provocó contaminación bacteriológica en varias áreas. (Petrova, 2007).

En los últimos años se observó el aumento de la altura de las inundaciones al paso de los eventos extremos y, por consecuencia, el incremento de áreas afectadas y daños

económicos. Esto se debe a la rectificación de vías fluviales y a la construcción de canales. (Petrova, 2007).

En la Ciénaga de Zapata, la humedad del suelo y las variables climáticas condicionan, en gran medida, la susceptibilidad de la vegetación a la ignición y a la inflamabilidad. Históricamente la mayor parte de los incendios ocurrían en los herbazales de ciénaga, dominados por la Cortadera (*Cladium jamaicensis*), que requieren del fuego para mantener una estructura abierta.

En los últimos años, las condiciones de sequía en la región, y el daño provocado por huracanes a la vegetación boscosa, han propiciado una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios, y son los bosques los más afectados, con lo que se ha ocasionado importantes afectaciones al ambiente, fundamentalmente al hábitat y la diversidad biológica, y también cuantiosas pérdidas en el sector forestal, que es uno de los principales renglones económicos del PN, ejemplo el incendio de grandes proporciones Las Minas - San Lázaro - Los Arroyones, marzo - mayo del año 2007), alcanzó las 4765 hectáreas.

Existen evidencias muy claras del retroceso de la línea costera en varios sitios de la costa del Humedal Ciénaga de Zapata. En aquellos cayos en los que en sus playas han sido plantadas *Casuarina equisetifolia*, se advierte procesos de erosión moderada en éstas. De igual manera, en las áreas de Caletón, Playa Larga, Playa Máquina, Playa Girón, se observa retroceso de la línea costera, quizás los valores más significativos en la zona de Caletón-Buenaventura. En todos estos casos, las construcciones sobre la duna son el detonante más significativo, sin dejar de tomar en consideración el incremento del nivel del mar, 2.14mm anual, en los últimos años.

Con la información anterior, como base fundamental, se realiza el análisis del estado ambiental de los paisajes del humedal, este arroja los siguientes resultados: El estado estable, con 2002.89 km<sup>2</sup>, es característico para las unidades menos impactadas. Abarca los paisajes marinos, fluviales, cársicos y estructuro cársicos transicionales, donde predominan manglares, herbazales y bosques de ciénaga. Esas áreas se caracterizan por brindar una amplia gama de servicios ambientales. Son unidades que exigen se mantenga monitoreo cuidadoso, para garantizar que no se deterioren, donde existen mínimas afectaciones por la introducción de especies exóticas invasoras e incendios forestales. En estos paisajes, los problemas de degradación ambiental están relacionados con alteraciones producidas por la introducción de especies exóticas invasoras en el litoral, principalmente *Casuarina equisetifolia* en los humedales marinos y *Claria gariepinus* en humedales tectónicos, marinos, fluviales y estructuro cársicos transicionales. De igual forma, existen problemáticas asociadas a los efectos de los incendios forestales y rurales en los paisajes transicionales y afectación a la vegetación.

El estado medianamente estable, con 1629.48km<sup>2</sup>, es característico de áreas de paisajes de humedales marinos, fluviales y tectónicos, con herbazales de ciénaga ubicados en la depresión central de Zapata, también de paisajes estructuro cársicos transicionales con bosques de ciénaga ubicados en las márgenes de la llanura cársica central de Zapata; y algunos paisajes cársicos ubicados en el eje cársico central. Estas áreas se caracterizan por brindar servicios ambientales productivos y de regulación, aunque poseen zonas degradadas por incendios forestales, y por la actividad forestal. Necesitan acciones de rehabilitación y monitoreo para evaluar la efectividad de estas acciones de mejoramiento. En estos paisajes existen problemáticas relativas a la expansión de especies exóticas invasoras vegetales, como la *Melaleuca*

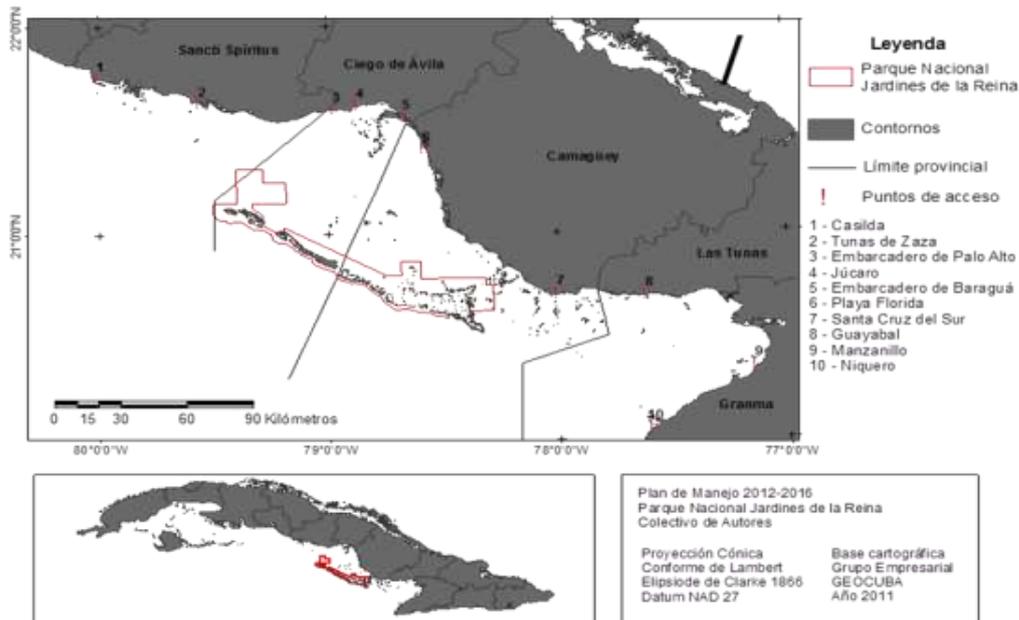
quinquenervia, la *Casuarina equisetifolia* y el *Myriophyllum pinnatum*; y de fauna, como la *Claria gariepinus*, otras, problemáticas son: la afectación por incendios forestales y alguna erosión costera.

El estado inestable, con 872.2 km<sup>2</sup>, es característico de las áreas de los paisajes de humedales transformados, como canales y polders, sobre superficie pantanosa, sobre depósitos cuaternarios biogénicos, con herbazal de ciénaga y manglares, tanto sobre graben, como en horst, y otras. Es inestable, también estos mismos tipos de paisajes en áreas de cultivo de arroz y en los paisajes estructuro cársicos que bordean la llanura cársica central de Matanzas, donde se desarrollan plantaciones forestales, cultivos varios y producciones porcinas, y en áreas que proporcionan algunos servicios ambientales productivos y en menor cuantía la regulación de estos servicios. Algunos de los paisajes de origen antropogénico facilitan la generación de productos y el desequilibrio del sistema hídrico del humedal, aunque bajo algunas acciones ingenieriles, este desequilibrio se puede rehabilitar. Por otra parte, la acción de reforestación incrementa la cobertura boscosa, la que logra el papel de regulador y de protector contra tormentas en el bosque, y facilita el incremento del hábitat en muchas partes fragmentadas. Se localiza también problemas de contaminación por: el vertimiento de residuales líquidos con deficiente tratamiento, la deforestación por incendios forestales y la tala, la erosión costera por ubicarse la infraestructura en la duna y por la siembra de *Casuarina equisetifolia*; por último, ocurre la alteración de la biodiversidad por la presencia de especies exóticas invasoras, etc.

### **PN JARDINES DE LA REINA**

El Archipiélago Jardines de la Reina, se extiende desde el Golfo de Guacanayabo hasta la Bahía de Casilda en la parte meridional de la Isla de Cuba correspondiente a la costa sur de las actuales provincias de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, a lo largo de 360 km. Este archipiélago agrupa aproximadamente 661 cayos que conforman tres cayerías, de las cuales se consideran como más importantes los cayos interiores pertenecientes al Golfo de Ana María y los que forman parte del Laberinto de las Doce Leguas, protegidos en este último caso, por formaciones de arrecifes coralinos al sur de los mismos.

**Ubicación del Parque Nacional Jardines de la Reina**



Los cayos que comprende este estudio pertenecen en su mayoría al Laberinto de las Doce Leguas, correspondientes a Cayo Bretón, Cayos Cinco Balas, Cayo Alcatracito, Cayo Alcatraz, Cayo Grande, Cayo Caballones y Cayo Anclitas. El área de los cayos estudiados generalmente es pequeña con las siguientes superficies aproximadas: Alcatracito (0.19 km<sup>2</sup>), Alcatraz (1.4 km<sup>2</sup>), Anclitas (4.5 km<sup>2</sup>), Bretón (6.7 km<sup>2</sup>), Cinco Balas (13.5 km<sup>2</sup>), Caballones (16.5 km<sup>2</sup>), Grande (23.6 km<sup>2</sup>).

En sentido general, estos cayos se encuentran separados por pequeños canalizos o pasas entre los que se destacan el canal de Caballones y el canal de Boca Grande. El primero separa los cayos Anclitas y Caballones y el segundo los cayos Cinco Balas y Alcatraz de Cayo Grande. Estos canales cumplen una importante función que es la de servir para el intercambio entre el Mar Caribe y las aguas del Golfo de Ana María.



**Canal de Caballones**

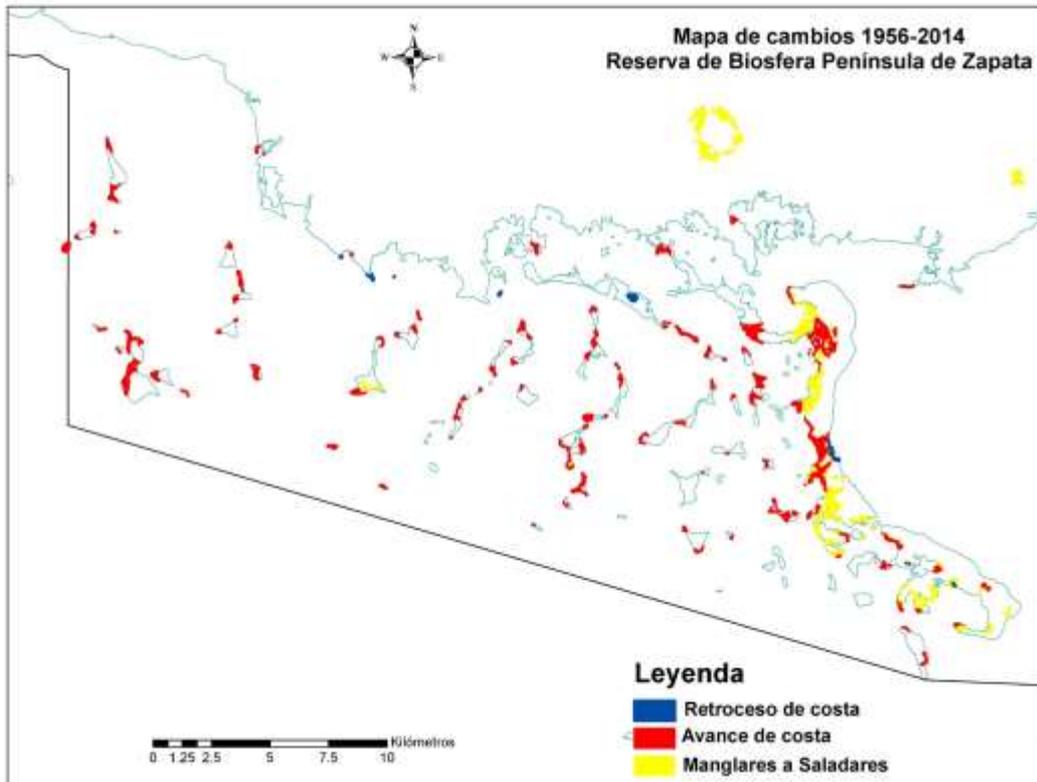
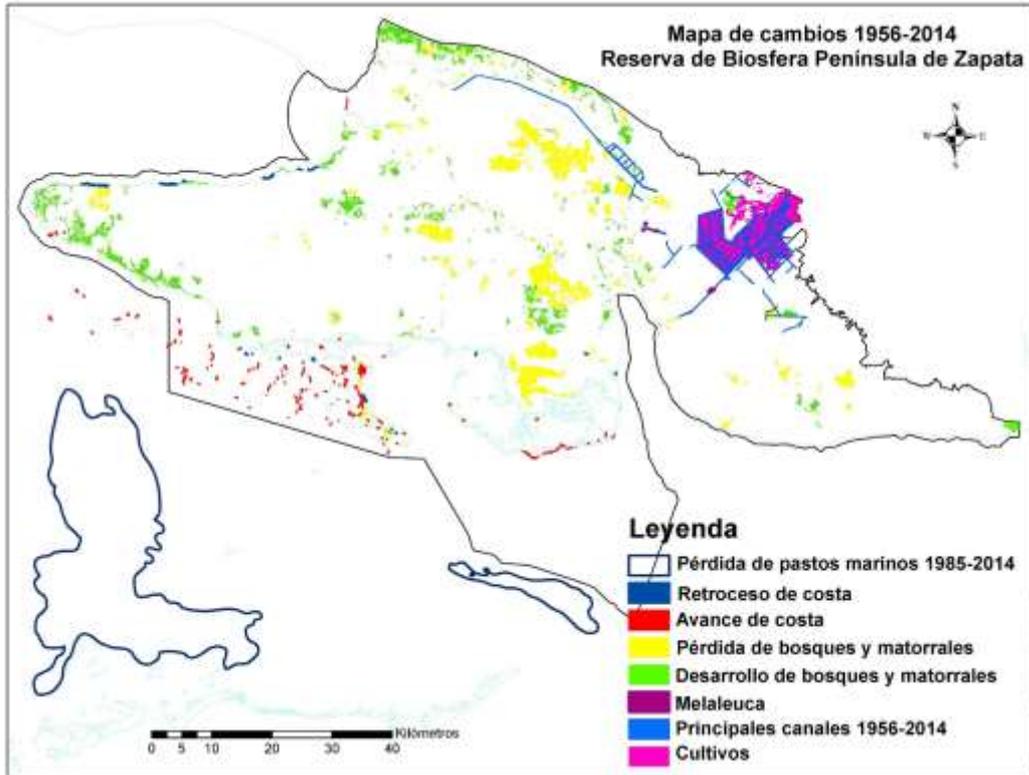


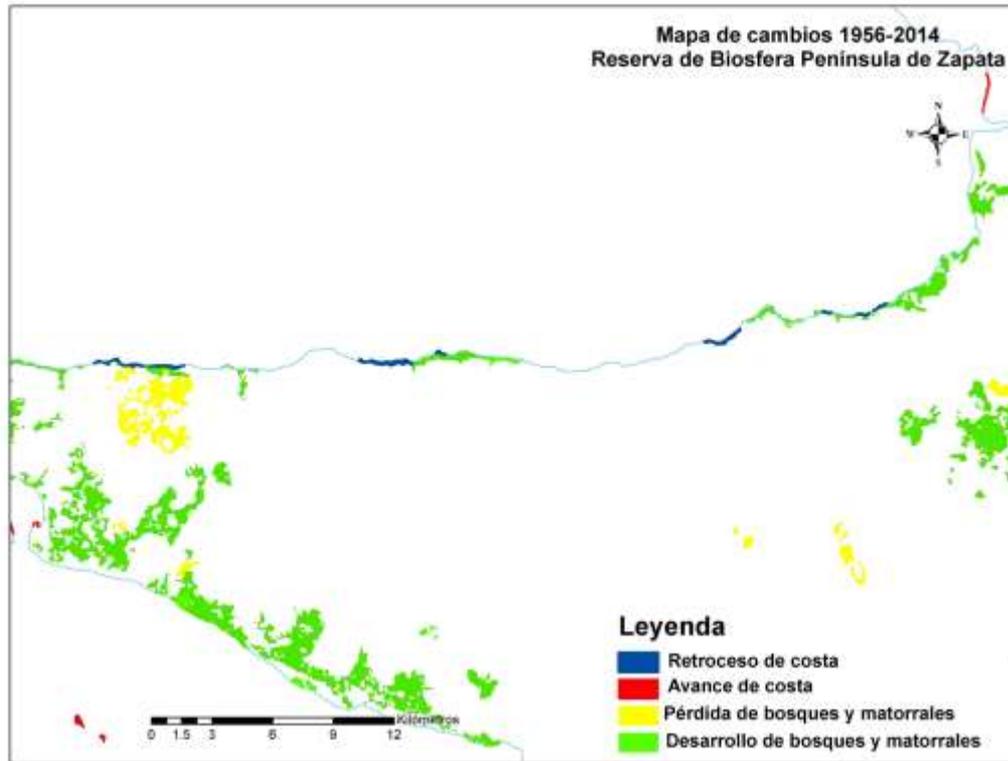
**Canal de Boca Grande**

Las barreras o camellones de tormenta de gran longitud en la dirección Noroeste – Sureste, detrás de las cuales han ido creciendo paulatinamente los manglares, han dado origen a las lagunas interiores que poseen estos cayos.

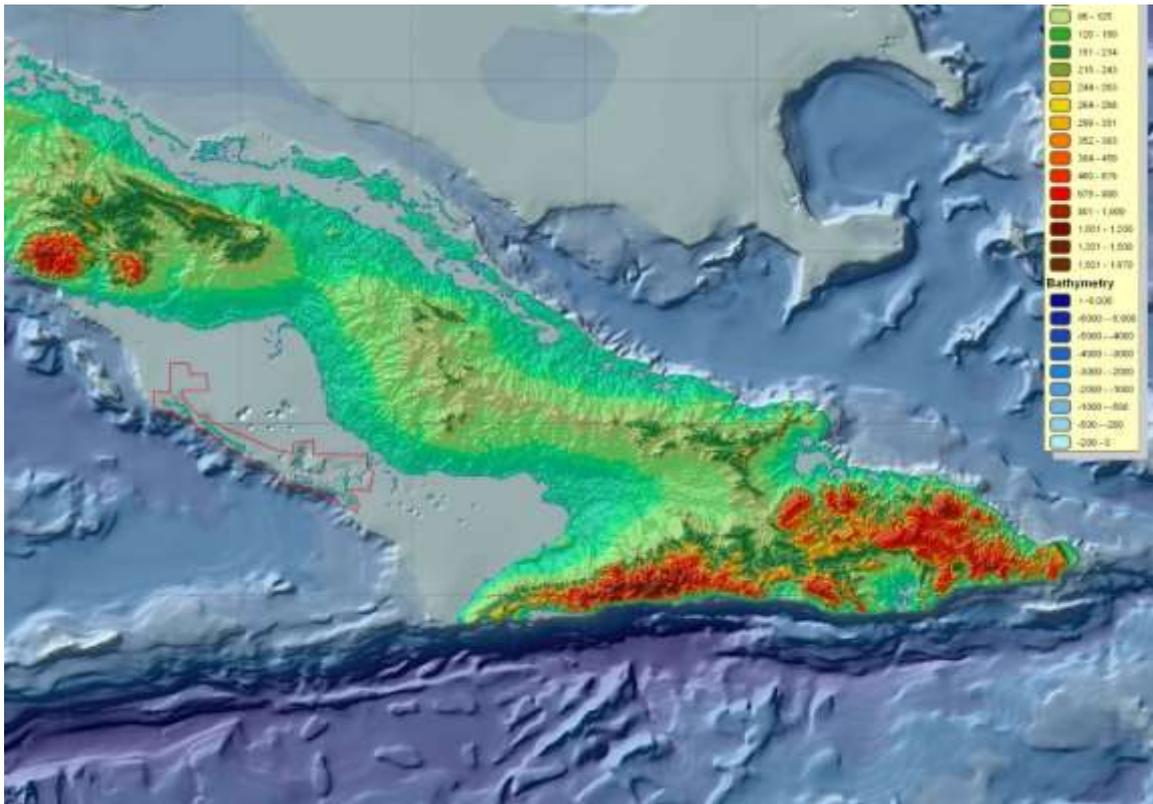
Es de suponer entonces que de esta forma se hayan ido desarrollando en dirección del Este al Oeste los cayos conocidos por el nombre de Laberinto de las Doce Leguas, lo que se demuestra al observar detenidamente algunas características de los mismos como son: forma de las barras alargadas en esta dirección; menor desarrollo geológico de los cayos del extremo Oeste, donde la vegetación está constituida generalmente por manglares y no se observan afloramientos rocosos considerables, la vegetación generalmente está constituida por manglares, mientras que en los cayos del Este del archipiélago se observan promontorios rocosos de altura considerable y grandes camellones de tormenta sobre los que crecen formaciones vegetales mejor establecidas.

La evolución y relativa juventud geológica, Pleistoceno-Holoceno, así como la ubicación geográfica de los cayos del archipiélago Jardines de la Reina, hacen que los procesos de la dinámica litoral muestren evidencias de inestabilidad, dada la no existencia en la mayoría de los casos de una roca que aflore y soporte la estructura actual de los mismos. Por otra parte, más del 95 % de todo el territorio estudiado está conformado por sedimentos sueltos como las arenas eólico – marinas y los sedimentos limosos, ambos del período Holoceno, solamente sostenidos por la presencia de la vegetación que se ha ido desarrollando a la par del surgimiento de estos cayos.

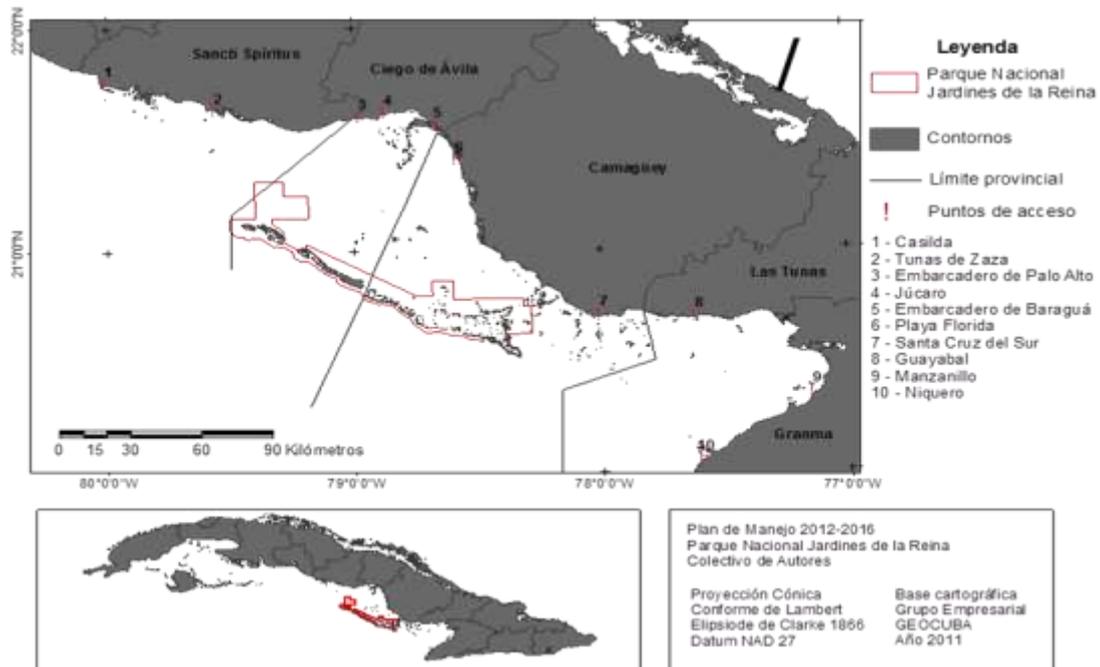




de la Reina, se extiende desde el Golfo de Guacanayabo hasta la Bahía de Casilda en la parte meridional de la Isla de Cuba correspondiente a la costa sur de las actuales provincias de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, a lo largo de 360 km. Este archipiélago agrupa aproximadamente 661 cayos que conforman tres cayerías, de las cuales se consideran como más importantes los cayos interiores pertenecientes al Golfo de Ana María y los que forman parte del Laberinto de las Doce Leguas, protegidos en este último caso, por formaciones de arrecifes coralinos al sur de los mismos.



### Ubicación del Parque Nacional Jardines de la Reina



Los cayos que comprende este estudio pertenecen en su mayoría al Laberinto de las Doce Leguas, correspondientes a Cayo Bretón, Cayos Cinco Balas, Cayo Alcatracito, Cayo Alcatraz, Cayo Grande, Cayo Caballones y Cayo Anclitas. El área de los cayos estudiados generalmente es pequeña con las siguientes superficies aproximadas: Alcatracito (0.19 km<sup>2</sup>), Alcatraz (1.4 km<sup>2</sup>), Anclitas (4.5 km<sup>2</sup>), Bretón (6.7 km<sup>2</sup>), Cinco Balas (13.5 km<sup>2</sup>), Caballones (16.5 km<sup>2</sup>), Grande (23.6 km<sup>2</sup>).

En sentido general, estos cayos se encuentran separados por pequeños canalizos o pasas entre los que se destacan el canal de Caballones y el canal de Boca Grande. El primero separa los cayos Anclitas y Caballones y el segundo los cayos Cinco Balas y Alcatraz de Cayo Grande. Estos canales cumplen una importante función que es la de servir para el intercambio entre el Mar Caribe y las aguas del Golfo de Ana María.



***Canal de Caballones***

***Canal de Boca***

***Grande***

Las barreras o camellones de tormenta de gran longitud en la dirección Noroeste – Sureste, detrás de las cuales han ido creciendo paulatinamente los manglares, han dado origen a las lagunas interiores que poseen estos cayos.

Es de suponer entonces que de esta forma se hayan ido desarrollando en dirección del Este al Oeste los cayos conocidos por el nombre de Laberinto de las Doce Leguas, lo que se demuestra al observar detenidamente algunas características de los mismos como son: forma de las barras alargadas en esta dirección; menor desarrollo geológico de los cayos del extremo Oeste, donde la vegetación está constituida generalmente por manglares y no se observan afloramientos rocosos considerables, la vegetación generalmente esta constituida por manglares, mientras que en los cayos del Este del archipiélago se observan promontorios rocosos de altura considerable y grandes camellones de tormenta sobre los que crecen formaciones vegetales mejor establecidas (Socarrás. y col.2006).

La evolución y relativa juventud geológica, Pleistoceno-Holoceno, así como la ubicación geográfica de los cayos del archipiélago Jardines de la Reina, hacen que los procesos de la dinámica litoral muestren evidencias de inestabilidad, dada la no existencia en la mayoría de los casos de una roca que aflore y soporte la estructura actual de los mismos. Por otra parte, más del 95 % de todo el territorio estudiado está conformado por sedimentos sueltos como las arenas eólico – marinas y los sedimentos limosos, ambos del período Holoceno,

solamente sostenidos por la presencia de la vegetación que se ha ido desarrollando a la par del surgimiento de estos cayos.

### **Diversidad paisajística**

El subarchipiélago está conformado por 12 paisajes, siendo el archipiélago más conservado de los cuatro que rodean a la isla de Cuba. A su vez constituye uno de los dos humedales con mayor nivel de representatividad

Los paisajes presentes en el área son: (Ordenados según su extensión superficial)

1. Superficie muy baja, acumulativa, biogénica, bajo régimen intermareal, con vegetación de manglar (7455 ha).
2. Canales y lagunas abiertas bajo régimen de marea (3948 ha).
3. Lagunas costeras bajo régimen de marea (791,64 ha).
4. Barras, dunas y cadenas de dunas (H= 1-4 m) con vegetación de costa arenosa (328,35 ha).
5. Playas areno-fangosas, en ocasiones con vegetación de manglar (256,5 ha).
6. Camellón de tormenta, con matorral de *Coccothrinax litoralis*, *Metopium toxiferum* y mangle mixto (141,3 ha).
7. Llanuras marino-eólicas, abrasivo-acumulativas, sobre arenas y rocas carbonatadas, ligeramente carsificadas (105,6 ha).
8. Lagunas litorales poco profundas (57,77 ha).
9. Superficie acumulativa, areno-limosa, con vegetación de costa arenosa y manglar (43,71 ha).
10. Playas arenosas, con fondos firmes parcialmente, con vegetación de costa arenosa (38,75 ha).
11. Terrazas abrasivo-cársicas (H= 1m), con complejo de vegetación de costa rocosa (31,13 ha).
12. Superficie baja, sobre rocas carbonatadas, con lapiés y vegetación de *Conocarpus erecta* (8,502 ha).

