



ENSAYO SOBRE LA PALEOGEOGRAFÍA DEL CUATERNARIO DE CUBA

Manuel A. Iturralde-Vinent,

Museo Nacional de Historia Natural, Obispo no. 61, Plaza de Armas 10100, La Habana Vieja, Cuba.
Iturralde@mhnc.inf.cu

RESUMEN

La paleogeografía del Plioceno-Cuaternario de Cuba está fuertemente influida por los cambios climáticos que afectaron la temperatura ambiente y las precipitaciones. Estos cambios climáticos de carácter cíclico estuvieron asociados a variaciones del nivel del mar, que hace 20-25 ka alcanzó hasta -120 metros por debajo del nivel actual, y hace unos 120 ka una altura ligeramente por encima del nivel actual. Sin embargo, se ha determinado que el factor principal de formación y transformación del relieve son los movimientos neotectónicos y la erosión, que a pesar de presentar distintas tendencias en el territorio de Cuba, por sobre todo dominaron los movimientos de ascenso del terreno desde el Mioceno Superior. Estos cambios del relieve se manifestaron de tal manera que en hace unos 20-25 ka Cuba alcanzó un área expuesta de unos 180 000 km², en tanto que en otras llegó a reducirse a una serie de islas y pequeños archipiélagos separados entre sí por llanuras periódicamente inundadas y mares someros. De este proceso resulta que el contorno del archipiélago cubano actual tuvo su origen en los últimos 7 000 años, y sigue modificándose. Estas variaciones de la geografía debieron determinar etapas de agrupación de las biotas terrestres en las presentes áreas montañosas, separadas por etapas de colonización de las tierras bajas y dispersión de las biotas. La falta de suficientes dataciones de las biotas terrestres cubanas del Cuaternario impiden perfeccionar el análisis de la biogeografía y poner a prueba el modelo anterior.

ABSTRACT

The Pliocene-Quaternary paleogeography of Cuba is strongly determined by the cyclic climatic changes which influenced the mean temperature and rain fall. These changes were associated with variations of the mean sea level, which 20-25 ka ago fall to -120 meters below the mean present-day position, and 120 ka ago rose slightly above present day level. Nevertheless, it has been found that the main factor in the formation and transformation of the relieve are the neotectonic movements and the erosion, which – despite local variations in rate and direction- have been identified that uplift dominated since the Late Miocene. These transformation of the relieve took place in such a way that 20-25 ka ago Cuba reached nearly 180 000 km², the largest exposed area within the time frame into consideration; while in other times was reduced to small archipelagos and islands, separated by shallow seas and periodically inundated low plains. In the last 7 ka this paleogeographic evolution produced the present day configuration of the territory, a process that is still active today. As a consequence, there were times when the terrestrial biota was concentrated in the topographic highs (present day mountain areas), but there were also times when the biota had the opportunity for dispersion and colonization of low lands (mostly present day plains and shelf). Insufficient amount of adequate dating of the Pliocene-Quaternary terrestrial fossil do not allow the accurate identification of these events in the fossil record.

Contribución al proyecto IGCP 433 “Caribbean Plate Tectonics”

Palabras claves: Cuba, Pliocene-Quaternary, paleogeography, biogeography



Introducción

En Cuba se han llevado a cabo numerosas investigaciones de la geología del Plioceno-Cuaternario, tanto desde el punto de vista estratigráfico como geomorfológico, tectónico y edafológico (Acevedo, 1981; Bresznyánsky, et al., 1983; Ducloz, 1963; Iturralde-Vinent, 1969a; 1969b; Iturralde-Vinent y Castellanos, 1998; Kartashov et al., 1976; 1981; Mayo, 1970; Núñez Jiménez, 1967; Pushcharovski et al., 1988; Peñalver et al., 1997, 1998; Shantzer et al. 1977). Importantes contribuciones a la paleogeografía son los trabajos de Ionin et al. (1977), Biosca et al. (1978), Iturralde-Vinent (1969a, 1969b, 1978, 1982, 1998); Kartashov et al. (1981); y Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989), que han contribuido al mejor conocimiento del paleoclima y la evolución del relieve del territorio. También se han llevado a cabo investigaciones paleontológicas de las biotas terrestres, que constituyen referencias útiles durante el estudio del Cuaternario (Acevedo y Arredondo, 1982; White y MacPhee, 2001). En este ensayo sobre la paleogeografía del Plioceno-Cuaternario de Cuba se presentan tres mapas, uno para el Plioceno-Pleistoceno temprano (1.5-2.0 Ma), otro para el Pleistoceno Superior *sensu lato* (~120-130 ka) y otro para el Pleistoceno Superior tadio (~20-25 ka). No se presenta un mapa para el Pleistoceno Inferior debido a que la base estratigráfica no se considera adecuada.

Estratigrafía

Las investigaciones sobre la estratigrafía del Plioceno-Cuaternario en Cuba tienen una larga tradición desde finales del siglo XIX, y son muchos los trabajos recientes que además de compilar los conocimientos previos aportan nuevos datos (Albear e Iturralde-Vinent, 1985; Bresznyánsky, et al., 1983; Franco, 1983a, 1983b; Ionin et al., 1976; Iturralde-Vinent, 1969b; Iturralde-Vinent y Castellanos, 1998; Kartashov et al., 1976, 1981; Pushcharovski et al., 1988; Peñalver 1982; Peñalver et al., 1982a, 1982b, 1997, 1998; Shantzer et al. 1977). A pesar de esto, no se puede afirmar que el conocimiento de la estratigrafía del Plioceno-Cuaternario sea satisfactorio.

Las investigaciones arriba mencionadas han permitido definir y cartografiar un gran número de formaciones litoestratigráficas y depósitos no formalizados, cuyo orden de superposición está bien establecido. Sin embargo, el problema principal es que no se conoce, sino a manera de estimados: a) la verdadera edad de las formaciones en el sentido geocronológico, b) el lapso de tiempo que abarca cada depósito o unidad litoestratigráfica, c) la duración de los hiatos erosivo-denudativos. Sólo las formaciones del Plioceno o Plioceno-Pleistoceno Inferior se han podido distinguir sobre la base de datos paleontológicos relativamente confiables (Iturralde-Vinent, 1969a, 1969b; Iturralde-Vinent y Morales, 1973; Peñalver et al., 1982a, 1982b).

Sin embargo el problema es aun más complejo, pues la mayoría de los autores no definen qué entienden por Plioceno, Pleistoceno y sus divisiones, y Holoceno. Por ejemplo, Duclóz (1963) utilizó como escala de referencia, durante sus investigaciones en la costa norte de Matanzas, las glaciaciones e interglaciales, un método que se considera completamente correcto. Posteriormente Kartashov et al. (1981) subdividieron el Pleistoceno de una manera muy peculiar en dos niveles, una inferior "húmedo" y otro superior "seco", con un límite a los 700 000 años, lo cual ha sido fuertemente criticado (Acevedo, 1983; Ortega, 1983; Ortega y Zhuravliova, 1983). El caso es que generalmente la posición de los límites Plioceno-Cuaternario, Pleistoceno-Holoceno, y las subdivisiones del Pleistoceno se han seleccionado de manera convencional, coincidente con algún cambio en la litología del corte, la posición estratigráfica o altitud de los depósitos o superficies (Duclóz, 1963; Bresznyánsky, et al., 1983;



Franco, 1983a, 1983b; Peñalver et al., 1982a; 1982b; 1997; 1998), dando lugar a una multitud de interpretaciones muy discutibles. Cuando se leen con detalle las discusiones sobre la designación de un corte de rocas a una u otra formación, o sobre su edad (vea Kartashov et al., 1976; 1981; Peñalver et al., 1982a; 1982b; 1997), se evidencia que hay muchos criterios subjetivos involucrados en la toma de posiciones, y que a menudo consideraciones de tipo litológicas han prevalecido, cuando la litología no es más que reflejo del ambiente y no de la edad. También se han fechado muchas formaciones sobre la base de sus faunas de moluscos, foraminíferos bentónicos y corales, cuya presencia en un depósito depende más de las condiciones ambientales que de la antigüedad.

En el caso de las rocas y depósitos de origen no marino la cuestión es aún más compleja, pues su edad se basa a menudo en criterios subjetivos, como el grado y tipo de intemperismo (Kartashov et al., 1976; 1981), o en la posición relativa respecto a una formación marina, también mal fechada (Peñalver, 1982). Dataciones de edad absoluta (C^{14}) sólo se han reportado de la Formación Jaimanitas (131 ka según Peñalver et al., 1997) y de algunas turbas de la península de Zapata (que sobreyacen unas calizas que se asignan a la Formación Jaimanitas), y cuya antigüedad llega a los 18 ka (Ducloz, 1963). El problema principal radica pues en la escasez de fechados de edad absoluta y la falta de sistematicidad de las pocas que existen.

Otro aspecto que necesita revisión es la nomenclatura estratigráfica, pues algunos autores han descrito unidades "nuevas", colocando en sinonimia otras bien descritas en la literatura. Ejemplo es la Formación Manguito caracterizada como una saprolita de caliza (corteza de intemperismo) por Iturralde-Vinent (1967), que se incluyó posteriormente dentro del contenido de la Formación Villaroja sobre la base de que ambas son de origen marino (Kartashov et al., 1976; 1981), o sea, porque Iturralde-Vinent (1967) se había equivocado al interpretar el origen de Manguito. Sin embargo, después que Acevedo (1983), Ortega y Zhuravliova (1983) y Dzulynsky et al. (1984) demostraron que Villaroja son un complejo de depósitos terrestres y principalmente suelos, habría que reconsiderar el status de las Formaciones Villaroja y Manguito. El hecho es que las formaciones no se ponen en sinonimia por que se esté o no de acuerdo con la génesis del depósito. Otro mal ejemplo es la Formación Ensenada (Acevedo y Gutiérrez, 1974), que se coloca en sinonimia con la Formación Guane porque aparentemente algunos cortes de Ensenada son cortezas de intemperismo (Kartashov et al., 1976; 1981). Aquí el problema principal radica en que se ha asignado categoría formacional (Kartashov et al., 1976; 1981), a depósitos que por su naturaleza presentan variaciones faciales desde aluvios hasta detritos de talud y suelos (Acevedo y Gutiérrez, 1974), y al error metodológico de no discutir la validéz de las unidades estratigráficas sobre la base del estudio de su sección tipo.

Tomando en cuenta que la duración del Cuaternario se define actualmente entre 1.75-1.81 millones de años (Remane, 2000), y que en Cuba faltan suficientes dataciones adecuadas de las rocas y depósitos, es difícil elaborar mapas paleogeográficos detallados para el Pleistoceno. Por eso en este ensayo se presentan sólo tres mapas, uno para el Plioceno-Pleistoceno Temprano (~ 1.5-2.0 Ma), otro para el Pleistoceno Superior sensu lato (130-120 ka), y otro para el Pleistoceno Superior tardío (25-20 ka) (Figs. 4, 5 y 6).



Conceptos Generales sobre la Paleogeografía

La extensión y conectividad entre los elementos del relieve emergido durante el Plioceno-Cuaternario han estado controlados por dos factores principales, los movimientos del terreno (neotectónica) y las oscilaciones del nivel del mar (curva del nivel eustático). Ambos procesos tienen lugar independientes uno de otro en las áreas alejadas de los casquetes polares, como el Caribe. La combinación de ambos procesos produce, en definitiva, un nivel dado de exposición de los terrenos, cuya extensión es una función del tiempo. Esto se debe a que pueden tener lugar varios escenarios. Primer escenario, cuando el nivel del mar baja al tiempo que los movimientos neotectónicos tienen carácter ascendente, y en consecuencia, las tierras alcanzan su máxima exposición. Segundo escenario, cuando el nivel del mar sube al tiempo que los movimientos neotectónicos son descendentes, y en consecuencia, las tierras alcanzan un mínimo de exposición o desaparecen. Tercer escenario, cuando los movimientos del nivel del mar y de los terrenos son de la misma polaridad, en cuyo caso los cambios que se observan en el grado de exposición de los terrenos son limitados. Cuarto escenario, cuando los movimientos neotectónicos tienen una polaridad definida durante un largo periodo de tiempo, y las oscilaciones del nivel del mar se reflejan como etapas de aceleración o desaceleración del proceso de transformación de la paleogeografía.

En los márgenes continentales pasivos, que constituyen regiones relativamente estables desde el punto de vista neotectónico, ha sido posible eliminar el efecto de los movimientos del terreno y desarrollar los modelos de las oscilaciones eustáticas del nivel del mar, pero también se han utilizado métodos indirectos, como la determinación de los contenidos de $\delta^{18}\text{O}$ en las conchas de los foraminíferos bentónicos oceánicos (Fig. 1).

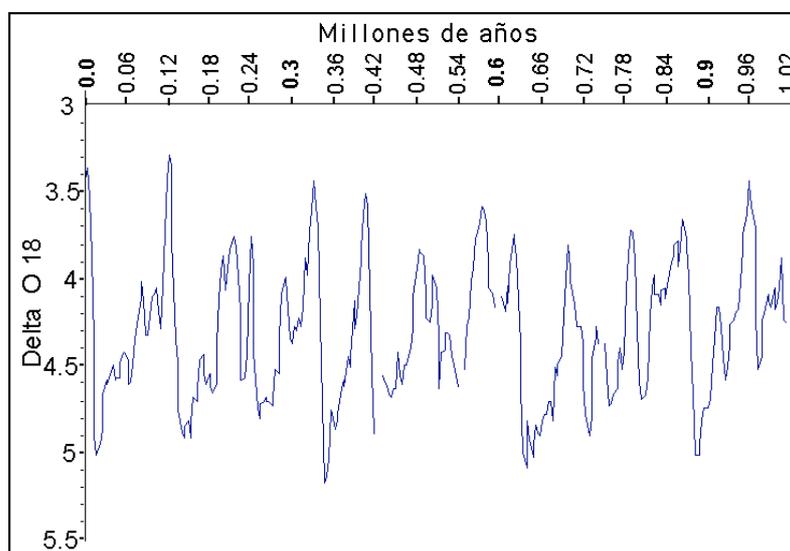


Figura 1. Gráfico del comportamiento del contenido de $\delta^{18}\text{O}$ vs tiempo (Millones de años) en testas de foraminíferos bentónicos oceánicos, compilado a partir de determinaciones individuales en distintos océanos del mundo. Tomado de Karner et al. (2002). Los picos positivos representan máximos de clima cálido (deshielos polares) y los picos negativos máximos de clima frío (glaciaciones polares).

En general se considera que existe una relación directa entre el clima, los contenidos de $\delta^{18}\text{O}$ en las conchas de los foraminíferos, y el nivel del mar. Las glaciaciones son etapas de crecimiento de los hielos polares cuando las temperaturas son más frías y bajos los contenidos



de $\delta^{18}\text{O}$ en las conchas de los foraminíferos. Entonces ocurren los niveles más bajos del mar y en las zonas tropicales dominan periodos secos (máximo de aridez). Por el contrario, a las etapas de deshielo o interglaciales corresponden temperaturas más cálidas, altos contenidos de $\delta^{18}\text{O}$ en las conchas de los foraminíferos, la elevación del nivel del mar, y periodos pluviosos en las zonas tropicales (Ortega y Zhuravliova, 1983).

En los últimos 850 ka han tenido lugar varios ciclos climáticos glaciales/interglaciales con un periodo aproximado de unos 100 ka y otro menor superpuesto de unos 41 ka (Karner et al., 2002). El último máximo glacial tuvo lugar hace unos 20-25 ka, cuando se ha determinado que el nivel del mar descendió a -120 m (Ducloz, 1963; Lambert and Chappell, 2001).

Los cambios del clima durante el Cuaternario en Cuba se han definido como varios ciclos pluviales y secos intercalados, con la peculiaridad de que durante los periodos pluviales las precipitaciones elevan el nivel de base local y determinan la formación de amplias zonas periódicamente inundadas (Mayo, 1970, Acevedo, 1983, Ortega, 1983, Ortega y Zhuravliova, 1983, Pajón et al., 2001).

Durante las investigaciones sobre la tectónica de Cuba durante el Terciario Superior Iturralde-Vinent (1978) identificó la ocurrencia de movimientos oscilatorios del terreno de varias frecuencias simultáneas, del orden de los millones de años, de los miles de años, y de cientos de años. Sin embargo, este autor no tuvo en cuenta las oscilaciones del nivel del mar, de modo que dichos ciclos lo más probable es que sean la resultante de los movimientos eustáticos y neotectónicos combinados. En este sentido, las investigaciones geodésicas de nivelaciones sucesivas realizadas en décadas pasadas, aunque no se pueden considerar suficientemente precisas dado los estándares actuales de mediciones satelitales, ofrecen una idea de la velocidad de los movimientos del terreno en Cuba. Por este método se han determinado valores extremos de 12-15 mm/a en Cuba oriental, y velocidades entre los 1 y 4 mm/a para toda Cuba, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Velocidades de los movimientos verticales en Cuba determinadas según métodos geodésicos de nivelaciones reiteradas (Liliemberg et al., 1984). Note que en Cuba centro occidental la velocidad máxima alcanza 4 mm/a, en tanto que en Cuba oriental llega al valor extremo de 12-15 mm/a. Estas cifras sugieren que los terrenos orientales de Cuba tienen una mayor actividad que el resto del territorio, lo cual se explica por su pertenencia a la zona del límite entre las placas de Norteamérica y del Caribe (Iturralde-Vinent, 1978; 1998).

Localidad	Velocidad (mm/a)
Sierra de los Organos	0.5
Alturas La Habana-Matanzas	0.5-0.8
Lomas de Santa Clara	1.0-3.0
Alturas de Minas y Altagracia	0.5-2.0
Llanura sur de Pinar del Río	2.0-4.0
Llanura sur de La Habana	0.5-2.0



Llanura norte de Las Villas	2.0-3.0
Depresión del Cauto	7.0-8.0
Depresión de Santiago de Cuba	1.0-3.0
Sierra Maestra oriental	12.0-15.0
Sierra Maestra occidental	1.0-3.0

Estos valores nos permiten realizar unos cálculos simples, para obtener una idea del papel que juega el componente neotectónico con respecto al componente eustático. Por ejemplo, si una zona A se hubiera mantenido elevándose a la velocidad de 15 mm/a y una zona B a razón de 3 mm/a, se puede estimar que hace 20-25 ka A estaría situada a 375 y B a 75 metros respectivamente, por encima del nivel original; y hace 1.008 Ma (millones de años) A se pudiera encontrar a 15 120 y B a 3 024 metros respectivamente, por encima del nivel original. En el paisaje cubano, ni terrestre en general, existen accidentes del terreno de 15 km de alto, lo que indica que hay otros agentes que modulan el relieve (la erosión), y que los movimientos del terreno no son unidireccionales ni mantienen una velocidad de 15 mm/a de manera estable.

En cuanto al nivel del mar, las curvas desarrolladas en las áreas cercanas a Cuba sugieren que hace 8 000 años el nivel del mar estaba situado a unos 7-8 metros por debajo del nivel actual, y hace unos 20-25 ka a unos -120 metros por debajo del nivel actual (Fig. 2, Lambeck and Chappell, 2001). Si este movimiento del nivel del mar hubiera ocurrido de manera sostenida, la velocidad promedio sería de 4.8 mm/a, más rápida que el promedio del movimiento del terreno en Cuba (1-3 mm/a). Sin embargo, en las zonas tectónicamente activas como Cuba oriental, las oscilaciones eustáticas del nivel del mar ocurren con una frecuencia mayor que los cambios en la polaridad de los movimientos del terreno, por eso el factor principal de la formación del relieve son los movimientos del terreno, y las oscilaciones del nivel del mar sólo han modulado la velocidad con que tiene lugar la ampliación o reducción de las tierras emergidas. Este hecho se observa bien en las áreas costeras de levantamiento sostenido.

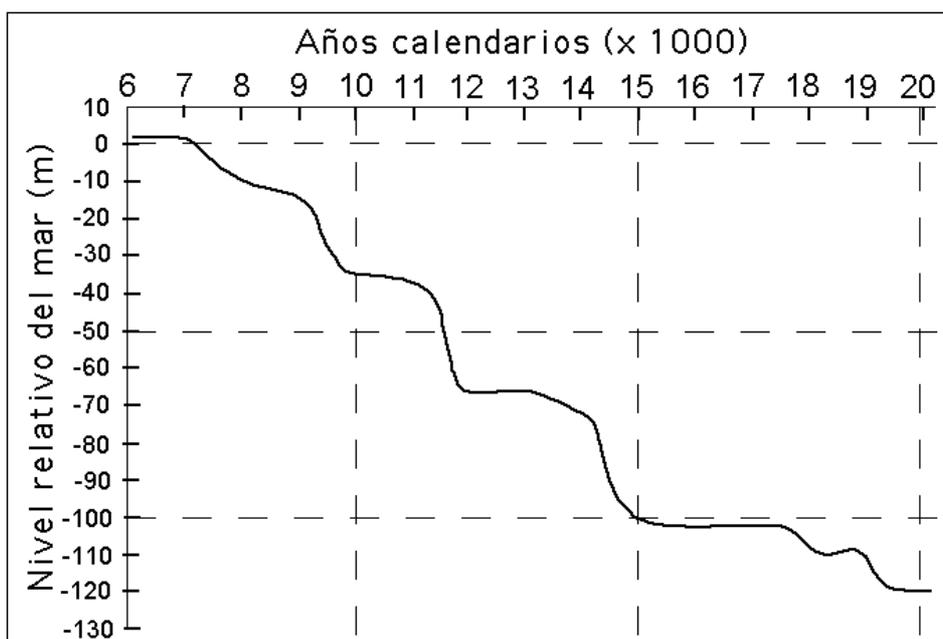


Figura 2a. Gráficos del comportamiento del nivel del mar según Liu y Milliman (2002). Observe que los ascensos del nivel ocurren sostenidamente desde hace 20-25 ka, pero que se intercalan etapas de ascenso rápido con otras de ascenso lento (plataformas). En particular es de destacar la etapa de ascenso lento correspondiente a los últimos 7-8 ka (Holoceno).

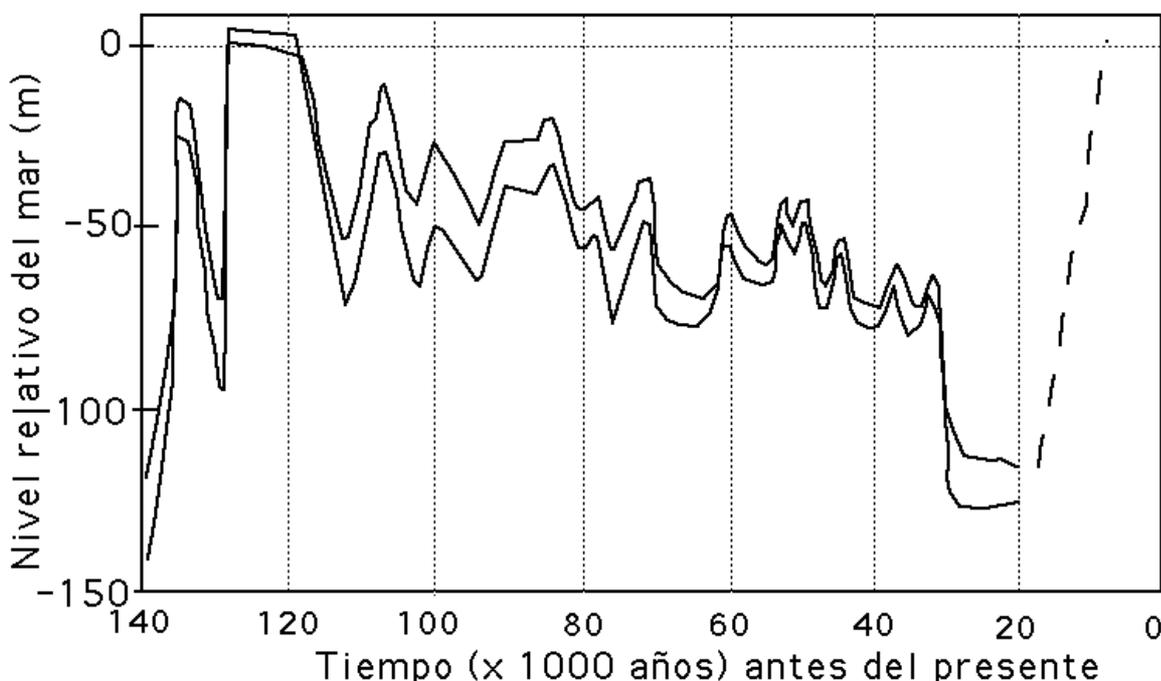


Figura 2b. Gráficos del comportamiento del nivel del mar de acuerdo con Lambeck y Chappell (2001). Observe que hace 130-120 ka el nivel del mar estuvo por encima del actual, y hace unos 25- 20 ka el nivel del mar descendió hasta -120 metros respecto del nivel actual. Se



destaca también el hecho de que entre 120 y 30 ka el nivel del mar estuvo oscilando pero sin alcanzar ninguno de los dos extremos antes mencionados.

En la Tabla 2 se han compilado las alturas y la cantidad de terrazas marinas que se han identificado en el norte de Matanzas, en Cabo Cruz y en la Punta de Maisí. La cantidad de terrazas emergidas medidas en Matanzas (4), en Cabo Cruz (11) y en Maisí (14) son un reflejo claro de la velocidad de los movimientos neotectónicos. La terraza más alta de Matanzas alcanza unos 51 metros, y en Maisí hasta 430 metros. Si se estima que las terrazas más altas tienen aproximadamente la misma edad, entonces el número de terrazas en Maisí y su altitud son una prueba de que la región oriental de Cuba se ha venido levantando con mayor velocidad durante el Cuaternario (Iturralde-Vinent, 1978), ya que el nivel del mar no puede haber cambiado a distinta velocidad en Cuba sudoriental y noroccidental. El número de terrazas emergidas en las costas acantiladas de Cuba generalmente oscila entre 2 y 4, y sus alturas raramente superan los 50 metros, indicando que la velocidad de los movimientos neotectónicos fuera de las zonas montañosas de Cuba oriental es más moderada. Esto se corrobora mediante los datos de las nivelaciones geodésicas reiteradas cuyo valor máximo fuera de Cuba sudoriental es de 4 mm/a (Tabla 1). Esto sugiere que, excluyendo la zona sudoriental, las variaciones del nivel del mar y los movimientos del terreno ocurren a velocidades semejantes.

Tabla 2. Altitud de algunas terrazas marinas de Cuba

Terrazas marinas de Matanzas según Ducloz (1963):

Terraza	Altitud en metros	Edad
1. Rayonera	25 a 51	Plioceno?
2. Yucayo	15 a 33	Pleistoceno Inferior
3. Puerto	~16	Pleistoceno Inferior Glaciación de Illinois
4. Seboruco	~8	Intergracial Sangamon
5. Submarina 1	-1	
6. Submarina 2	-2 a -6	
7. Submarina 3	-10 a -17	Wisconsin
8. Submarina 4	-20 a -55	Wisconsin (-120 m)

Terrazas de Cabo Cruz según Bresznyanszky et al. (1983)

Terraza	Altitud en metros	Substrato rocoso
XI	260-270	
X	180-240	
VII-XI	170	Calizas Fm Maya
VI	130-140	Calizas Fm Maya



V	~	Calizas Fm Maya
IV	60-70	Calizas Fm Maya
II –III	~	
I	10-20	Fm Jaimanitas

Terrazas marinas de Maisí según Díaz et al. (1991)

Terraza	Altitud en metros	
	Sector 1, Dos Hermanas	Sector 2, Río Seco
XIV	410-430	
XIII	350-380	
XII	260-290	
XI	260-270	180-189
X	230-250	176-178
IX	180-210	157-165
VIII	130-150	143-147
VII	80-100	109-122
VI	40-60	81-86
V		74
IV		48-50
III		40-44
II		15-17
I		0-6

Con respecto a las distintas velocidades y tendencias de los movimientos neotectónicos es importante tener en cuenta la estructura en bloques de Cuba, bloques cuya historia recoge las tendencias seculares. Iturralde-Vinent (1978, 1998) ha definido la existencia de dos tipos de estos bloques para el periodo de tiempo transcurrido desde el Eoceno Superior (Fig. 3). Los bloques hórsticos son aquellos que durante el periodo indicado, han mantenido una tendencia al levantamiento, de modo que en ellos los espesores de las rocas sedimentarias jóvenes son limitados y en consecuencia aflora extensamente el substrato más antiguo (pre Eoceno Superior). Con estos bloques coinciden las áreas montañosas. Los bloques grabens se caracterizan por haber mantenido una tendencia al descenso, de modo que en ellos se encuentran potentes espesores de sedimentos jóvenes, y el relieve actual es llano a suavemente ondulado.

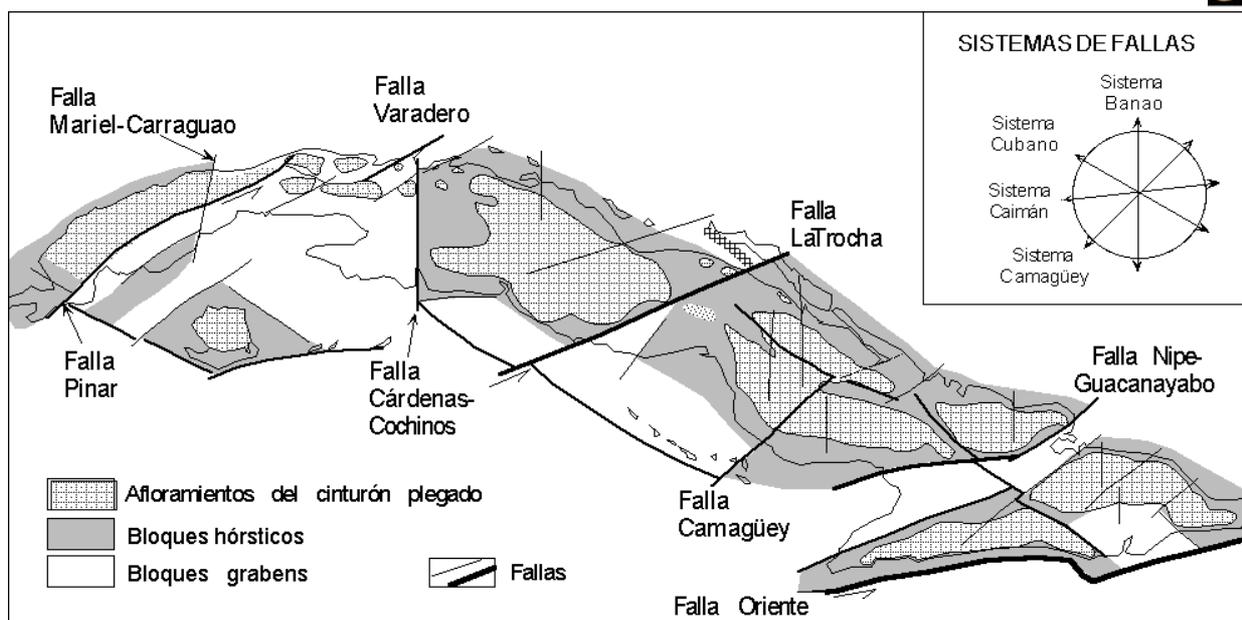


Figura 3. Mapa de la estructura en bloques de Cuba en el Terciario Superior (bloques neotectónicos), simplificada de Iturralde-Vinent (1978, 1998). Los bloques hórsticos son aquellos que han mantenido una tendencia al levantamiento desde el Eoceno Superior, en tanto que los bloques grabens han sostenido una tendencia contraria.

De aquí se reafirma el concepto de que los movimientos del terrenos son el factor principal de la formación del relieve actual, ya que la tendencia general del territorio de Cuba ha sido al ascenso e incremento de su área, y particularmente desde el Mioceno Suoerior (Iturralde-Vinent, 1978, 1982), lo que es posible sólo si los movimientos neotectónicos dominan a largo plazo sobre las oscilaciones del nivel del mar a la hora de determinar la paleogeografía.

Para establecer la paleogeografía del Plioceno-Cuaternario de Cuba, tal como se muestra en mapas subsiguientes, se han combinado los conocimientos adquiridos sobre la estratigrafía, los movimientos neotectónicos, las oscilaciones del nivel del mar, y las huellas que estos procesos han dejado en el terreno. Por ejemplo, la presencia de escarpas de erosión marina, o de depósitos marinos o litorales, son una clara indicación de que el mar ocupó o alcanzó dicho nivel en el momento cuando se formaron esos sedimentos.

El problema radica en que en muchas ocasiones los depósitos Cuaternarios han sido barridos por la erosión, sobre todo las arcillas y arenas, que se han preservado sólo en forma de parches aislados en depresiones estructuras o erosivo-cársicas, y que a menudo no sabemos con exactitud la antigüedad de estos depósitos. Esto generalmente ocurre con las capas arcillo-arenoso-gravosas de ambientes de llanuras bajas (suelos, depósitos de pendientes, aluvios, sedimentos de lagunas, deltas, pantanos, marismas, eólicos) elevados hasta las partes altas de las llanuras actuales, o en las zonas intensamente carsificadas, donde se ha favorecido la erosión. Sin embargo, en las áreas donde están presentes sedimentos calcáreos (calizas y calcarenitas marinas), más resistentes a la erosión, es posible establecer con más seguridad la presencia del mar en el pasado. A esta categoría corresponden los depósitos costeros y de fondos marinos someros (barras, playas, arrecifes coralinos y depósitos de laguna marina).



Al elaborar los mapas paleogeográficos se seleccionaron los momentos de máxima inundación y de máxima retirada del mar durante el Pleistoceno Superior, ya que entre ambos extremos se desarrolló la paleogeografía de toda la etapa Plioceno-Cuaternaria de formación de Cuba. En los mapas se distinguen cinco tipos de relieve, de acuerdo a los conceptos básicos descritos por Iturralde-Vinent (1978, 1988); Iturralde-Vinent y MacPhee (1999); a saber:

1. Zonas montañosas
2. Terrenos emergidos relativamente bajos
3. Llanuras periódicamente inundadas
4. Fondos marinos poco profundos
5. Mares profundos

Paleogeografía del Plioceno-Pleistoceno Inferior

Esta etapa del desarrollo paleogeográfico de Cuba fue caracterizada previamente por Iturralde-Vinent (1969b; 1978) y Kartashov et al. (1981). Sobre la base de estos trabajos se elabora el mapa de la figura 4, que muestra un escenario correspondiente al entorno del límite entre el Plioceno y el Pleistoceno, cuando la una gran parte del territorio insular de Cuba actual estaba emergido. Aquí no se discute este mapa pues en general coincide con los arriba mencionados.

Las rocas del Plioceno-Pleistoceno Inferior están definidas tanto por su posición estratigráfica como por su contenido fosilífero, y para confeccionar este mapa se tomaron como base las formaciones Punta del Este, Morro, El Abra, Península, Maya, Bayamo y otras no formalizadas (Albear e Iturralde-Vinent, 1985; Bronnimann y Rigassi, 1963; Ducloz, 1963; Franco, 1983a, 1983b; Franco y De la Torre, 1982; Iturralde-Vinent 1969a; 1969b; Iturralde-Vinent y Morales, 1973; Iturralde-Vinent y Castellanos, 1998; Kartashov et al., 1981; Peñalver et al., 1997; 1998 Pushcharovski et al., 1988). También se tomaron las edades de las superficies de abrasión marina y erosión subaérea (Duclóz, 1963; Acevedo, 1981; Atlas Nacional de Cuba, 1989; y de las cortezas de intemperismo (Buguelsky, 1979).

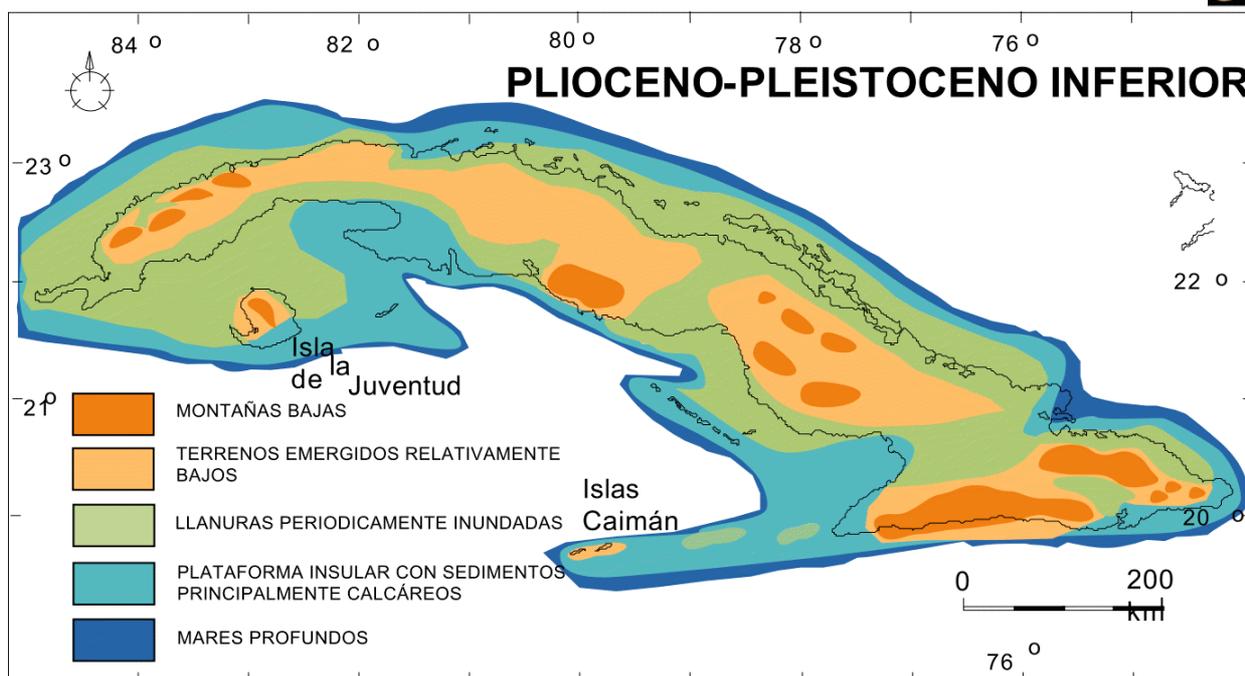


Figura 4. Mapa paleogeográfico del Plioceno-Pleistoceno temprano, diseñado para ilustrar la etapa de máxima elevación (bajo nivel del mar y máximo ascenso del terreno), entre 3.0 y 2.0 millones de años atrás. Elaborado sobre la base del mapa geomorfológico de Cuba (Biosca et al., 1978, Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989), los mapas paleogeográficos del Plioceno (Iturralde-Vinent, 1969b; Kartashov et al., 1981), y de notas de campo del autor. Esta etapa, desde el punto de vista biogeográfico se caracterizó por el intercambio y dispersión de las biotas terrestres, que debieron migrar libremente en el territorio. Probablemente coincidió con un incremento relativo de las especies.

Paleogeografía del Pleistoceno Superior (sensu lato)

Este mapa representa la paleogeografía de Cuba en un momento de máxima inundación posible durante el Pleistoceno Superior sensu lato, correspondiente a la sedimentación de la Formación Jaimanitas y los depósitos isócronos, con una antigüedad alrededor de 130-120 ka atrás (Fig. 5). En ésta época pudo tener lugar la formación de barreras geográficas que debieron limitar considerablemente el intercambio de animales terrestres entre los distintos territorios relativamente altos de Cuba.

Las rocas marinas que se han referido a la Formación Jaimanitas según Peñalver et al. (1983a) han sido fechadas por métodos de edad absoluta en unos 131 ka. Generalmente se refieren a esta formación las biolititas coralinas, biocalcarenitas y calizas asociadas, de ambiente de plataforma carbonatada, con fósiles de aspecto muy moderno, en las cuales las conchas de aragonito están bien preservadas (Albear Franquiz e Iturralde-Vinent, 1985; Bresznyánsky, et al., 1983, Bronnimann y Rigassi, 1963; Franco, 1983a, 1983b; Iturralde-Vinent y Castellanos, 1998; Kartashov et al., 1981; Pushcharovski et al., 1988; Peñalver et al., 1997, 1998; etc.). La Formación Jaimanitas constituye las terrazas bajas situadas hasta 8 metros sobre el nivel del mar en Cuba occidental y central, y quizás hasta 20 metros en Cuba sudoriental (Tabla 2; Bresznyánsky, et al., 1983).

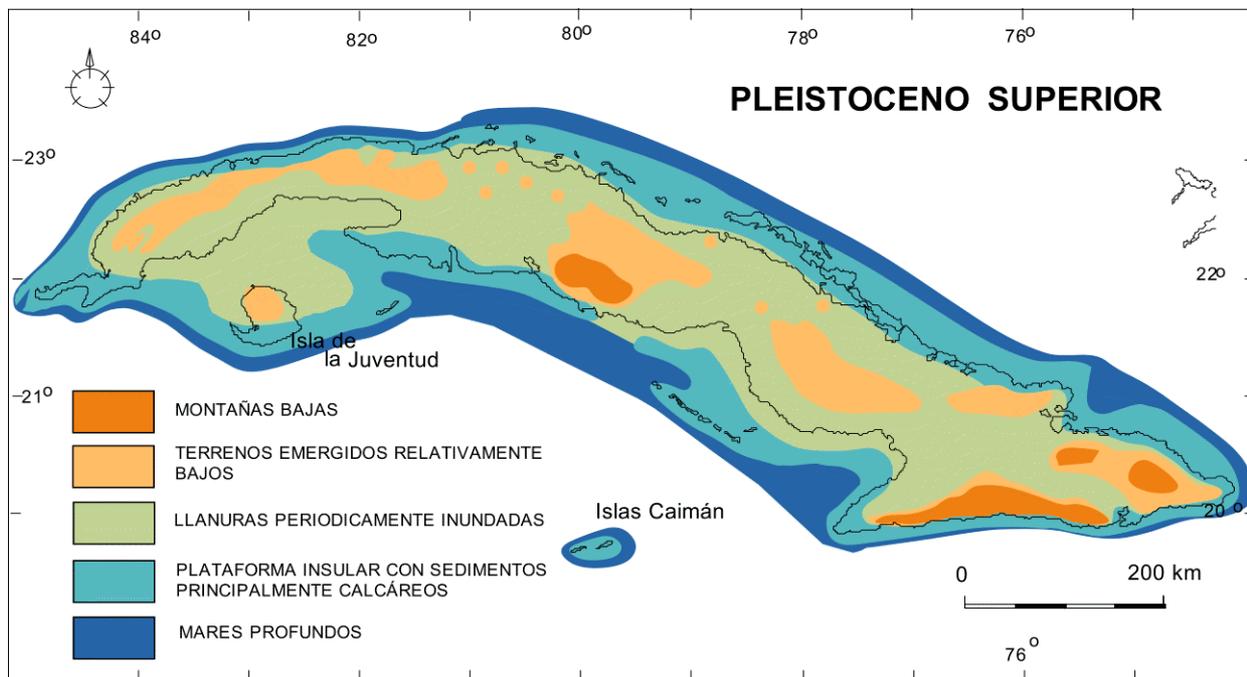


Figura 5. Mapa paleogeográfico del Pleistoceno Superior sensu lato, diseñado para ilustrar una etapa de máxima inundación, alrededor de 130-120 ka atrás. Elaborado sobre la base del mapa geomorfológico de Cuba (Biosca et al., 1978; Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989), los mapas y datos de Ionin et al. (1977), y de las notas de campo del autor. Esta etapa, desde el punto de vista biogeográfico se caracterizó por el aislamiento de las biotas terrestres, que debieron migrar hacia las zonas montañosas en busca de refugio. Probablemente coincidió con un incremento relativo de las extinciones de especies.

En este mapa los terrenos emergidos se han delimitado tomando en consideración que en las áreas montañosas y premontañosas actuales en todo el país, se observan huellas claras de levantamiento prolongado (erosión profunda, redes de drenaje radiales, aluvios colgados, intenso desarrollo del carso, cavernas muy profundas con caídas verticales, cavernas aluviales con varios niveles superpuestos, etc.). Estas áreas han sido definidas como de origen subaéreo en el mapa geomorfológico de Cuba (Biosca et al., 1975; Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989). Es posible que la altitud promedio de las zonas emergidas de Cuba haya sido menor que la actual (cuyos valores son < 2 000 m) en el Pleistoceno Superior, pues los depósitos de talud de grano grueso, como los de las playas modernas del sur de la Sierra Maestra (Franco, 1983b), son muy escasos en otras partes del país.

Las llanuras periódicamente inundadas (Fig. 5) se han definido como superficies de denudación en los mapas geomorfológicos modernos (Atlas Nacional de Cuba, 1989). Aquí se categorizan como periódicamente inundadas sobre la base del amplio desarrollo de sedimentos arcillo-arenoso-gravosos que infrayacen los suelos rojos en la mayoría de las llanuras cubanas emergidas (Kartashov et al., 1981; Peñalver et al., 1997, 1998). Estos sedimentos, a manera de parches aislados por la erosión, han sido designados como unidades litoestratigráficas con nombres tales como Guane, Guevara, y muchos otros, por Kartashov et al. (1981), que los consideraron de origen marino. Pero Dzulynski et al. (1984) señalaron con toda propiedad que este tipo de materiales "...se acumuló sobre las superficies llanas de denudación situadas cerca



del [*quiere decir a poca altura sobre el...*] nivel del mar, supuestamente en ciénagas y ríos, principalmente temporales, caracterizados por cauces ramificados inestables. Las áreas cenagosas situadas cerca del nivel del mar estaban atravesadas en algunos lugares por canales de arroyos de poca profundidad, con crecidas temporales.” Las observaciones de Mayo (1970), Acevedo (1983) y Ortega y Zhuravliova (1983) en Cuba occidental, y las del autor en casi todas las llanuras cubanas, confirman este punto de vista, con la particularidad de que eventualmente se desarrollan también sedimentos de tipo lacustre (Acevedo, 1983). Kartashov et al (1981) y Peñalver et al. (1997) consideran que estos depósitos son del Pleistoceno Inferior y hasta del Plioceno. Para ello se basan en que arenas y arcillas (que ellos consideran de tipo Guane o Guevara), se intercalan con calizas marinas que se han fechado del Plioceno o Pleistoceno Inferior. Sin embargo, intercalaciones de arenas y arcillas semejantes a las denominadas Guane y Guevara se encuentran en cualquier secuencia Terciaria de Cuba. En cambio, los suelos rojos (Kartashov et al, 1981 los denominan Villaroja) cubren a los depósitos antes descritos en muchas localidades de las llanuras de Cuba y hasta 100 y 600 metros de altura (Ortega y Zhuravliova, 1983). Teniendo en cuenta que los suelos rojos y sus equivalentes carbonatizados yacen sobre las terrazas bajas, sobre la Formación Jaimanitas, y sobre la superficie de calizas carsificadas de la plataforma insular (Bresznyánsky, et al., 1983; Franco, 1983a, 1983b; Ionin et al., 1977; Kartashov et al., 1981; Peñalver et al., 1997, 1998), es más correcto suponer que los depósitos detríticos arcillo-areno-gravosos infrayacentes corresponden a una edad que abarca al tiempo de sedimentación de la Formación Jaimanitas.

Las llanuras inundadas constituyeron probablemente filtros y/o barreras periódicas que obstaculizaron la migración de muchos elementos de la biota terrestre, los que debieron concentrarse en las zonas elevadas (islas), provocando quizás algunas extinciones locales o totales.

Los fondos marinos poco profundos coincidían con la plataforma insular antigua (Fig. 5). Aquí se estima, siguiendo a la mayoría de los autores, que las calizas que subyacen la plataforma insular actual y los cayos pertenecen a la Formación Jaimanitas por cuatro razones: 1) contienen una fauna marina moderna, 2) las conchas aragoníticas no están disueltas, 3) representan las mismas facies, 4) ocupan la misma posición estratigráfica (Notas de campo del autor y mapa geológico de Cuba, Pushcharovski, 1988). Estas mismas rocas forman las terrazas bajas (terrace de Seboruco según Ducloz, 1963) que limita las costas acantiladas de Cuba (Tabla 2; Mapa Geomorfológico del Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989). Generalmente estas calizas y calcarenitas tienen muy pequeño contenido de material terrígeno, con excepción de los depósitos al sur del Escambray, y en algunas localidades al sur de Cuba oriental (Franco, 1983b). Este hecho reafirma el concepto de que el relieve de las zonas emergidas en aquella época no era muy vigoroso, a excepción del flanco sur la Sierra Maestra y del Escambray.

Paleogeografía del Pleistoceno Superior tardío

Este mapa (Fig. 6) tiene como objetivo mostrar la paleogeografía del territorio en una etapa de máxima exposición del terreno, tomando como referencia el gran descenso del nivel del mar que tuvo lugar hace 20-25 ka, cuando dicho nivel estaba situado a unos -120 metros por debajo del nivel actual. Esto significaría que toda la plataforma insular y una parte del talud insular cubanos estaban expuestos a la intemperie, y que todos los arrecifes coralinos cubanos actuales (y posiblemente Antillanos) tienen menos de 20-25 ka, lo cual se pudiera controlar en investigaciones ulteriores. En aquella época Cuba habría alcanzado una superficie expuesta



superior a los 180 000 km², que se obtiene sumando las áreas de la plataforma sumergida y las zonas emergidas actuales (Iturralde-Vinent, 1988). Este descenso dejó sus huellas en el relieve, pues se desarrolló y profundizó el relieve cársico, y se formaron potentes cortezas de intemperismo, representadas por terra rossa y otros productos. No se conocen en Cuba sedimentos marinos bien fechados de esta edad, pero algunos de los sistemas de dunas fósiles que se observan a lo largo de los cayos que rodean a Cuba pudieran presentar esta antigüedad (Shantzer, et al., 1976; Iturralde-Vinent y Castellanos, 1998).

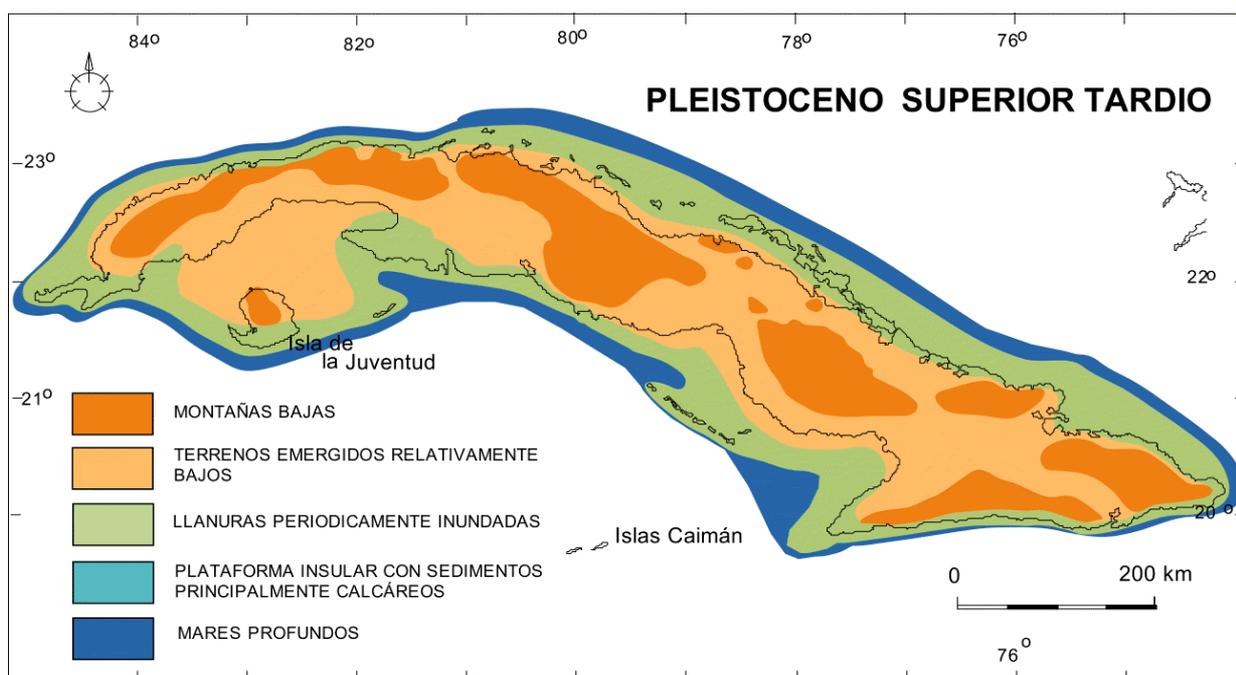


Figura 6. Mapa paleogeográfico del Pleistoceno Superior tardío, diseñado para ilustrar una etapa de máxima exposición de los terrenos emergidos, entre 25 y 20 ka atrás. Elaborado sobre la base del mapa geomorfológico de Cuba (Biosca et al., 1978; Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989), los datos y mapas de Ionin et al. (1977), y de las notas de campo del autor. Esta etapa, desde el punto de vista biogeográfico, se caracterizó por la colonización de los terrenos bajos y la migración de las biotas de una a otra de las antiguas islas. Probablemente coincidió con un máximo relativo de especiación.

En las llanuras meridionales de Cuba hay abundante desarrollo de carsificación superficial y potentes suelos, huellas de una disección relativamente profunda del relieve (Biosca et al., 1978; Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989), así como en las zonas montañosas (Acevedo, 1981). Asimismo, las investigaciones para la construcción de algunos embalses en el Río Zaza (Sancti Spiritus) y El Mango (Pinar del Río), revelaron la presencia de antiguos cauces insertos en la llanura, hoy rellenos por los sedimentos aluviales más jóvenes (Notas de campo del autor). De acuerdo a las observaciones de Skwaletski e Iturralde-Vinent (1971), las calizas de la llanura sur de La Habana y Matanzas tienen una carsificación intensa hasta la profundidad de -100 metros, y más abajo estas rocas son más compactas. Algunos ríos de esta llanura tienen sus cauces subterráneos, y en particular en las áreas litorales y del shelf de Cuba, y en las áreas adyacentes se han descrito distintas formas cársicas verticales, que tienen su fondo a la profundidad de -146 metros (Florida), -198 (Bahamas), -130 (Yucatán), -85 (Cuba) (Datos compilados por Evelio Balado, Sociedad Espeleológica de Cuba, Grupo Espeleológico Martel, 2002).



En las zonas inundadas que hoy ocupa la plataforma insular del sur de Cuba y al norte de Guanahacabibes, las investigaciones de Ionin et al. (1977) revelaron la existencia de una superficie de calizas carsificadas que están cubiertas directamente por suelos rojos, y estos por sedimentos marinos del Holoceno. Pequeños parches de sedimentos rojos carbonatizados también se observa en depresiones sobre la superficie de la terraza abrasiva labrada en la Formación Jaimanitas en muchas localidades de las costas norte y sur de Cuba (Notas de campo del autor; Bresznyiánszky et al., 1983), los que pueden ser considerados como los restos erosivos de las arcillas rojas que cubren las calizas en la plataforma insular. Esto sugiere que la plataforma insular estuvo emergida después de la sedimentación de Jaimanitas, en el periodo de tiempo en consideración. Núñez Jiménez en Furrázola-Bermúdez et al. (1964) señala que en la plataforma insular se observan muchos antiguos cauces de ríos hoy sumergidos, bocas de cavernas y sugieren que la mayoría de las actuales bahías cubanas en el pasado fueron valles fluviales.

En otras palabras, hay abundantes indicios que apoyan la ocurrencia de un descenso importante del nivel del mar a nivel regional en el Caribe occidental, aunque no está definido si todos estos indicios corresponden al evento de 20-25 ka atrás, abarcan un tiempo mayor, o son el resultado de la combinación de todos los eventos de descenso relativo del nivel del mar ocurridos durante la segunda mitad del Pleistoceno.

Paleogeografía del Holoceno

Tomando en cuenta los conceptos expuestos en el inciso anterior se puede llegar a la conclusión de que el relieve actual de Cuba, y el trazado de sus líneas costeras, es un evento muy joven, pues tiene menos de 20-25 ka y continúa modificándose. En este marco de tiempo, y en particular durante los últimos 8 ka (Holoceno), el ascenso del nivel del mar (Fig. 2) tiene que haber determinado que la línea de la costa haya avanzado tierra adentro. Esto queda evidenciado en muchos lugares, pero hay excepciones donde este proceso ha estado fuertemente contrarrestado y superado por los movimientos de ascenso del terreno.

Durante todo este tiempo, sin embargo, el movimiento de ascenso del nivel del mar no fue homogéneo, sino que tuvo etapas de aceleración periódica y etapas de "plataforma" cuando el mar se mantuvo aproximadamente estable por varios ka (Fig. 2a; Liu and Milliman, 2002). Este proceso pudiera haberse manifestado en el relieve, como se discute más abajo.

El avance de la línea de costa tierra adentro se observa bien al sur de la Habana, donde caminos y cercados se prolongan bajo el mar (Notas de campo del autor). También en la costa sur de algunos cayos del archipiélago de los Canarreos (Cayo Largo del Sur), la erosión marina producto del ascenso del nivel del mar está destruyendo las paleodunas costeras y provocando la recesión de la antigua línea de playa (Notas de campo del autor).

Al sur de Camaguey este proceso de modificación de la línea de costa está acompañado de la destrucción de los manglares, que en muchos casos han dado lugar a la formación de ensenadas con playas de arena cuarzosa dorada, debido a que los depósitos aluvio-marinos infrayacentes han quedado expuestos a la superficie (Punta Macurije). En estos tramos las fajas de mangle verde o de mangle negro están en contacto directo con la costa, faltando la faja de mangle rojo. Este proceso ha dado lugar también a la erosión de algunos cayos arenosos en el archipiélago de Jardines de la Reina, de modo que la vegetación de esos



cayos ha quedado reducida a pocos troncos de mangle verde parcialmente sumergidos en el mar (Notas de campo del autor).

Sin embargo, en algunas fajas litorales se observa el proceso contrario de desecación y levantamiento de la zona costera. En algunos cayos de la costa norte de Camaguey, la superficie de abrasión marina situada a menos de un metro sobre el nivel del mar, forma una superficie abrasiva muy joven labrada en las calizas de la Formación Jaimanitas (Pleistoceno Superior); y está desprovista de vegetación, quedando sólo los troncos y raíces de mangle seco. Esto es muy también común en las costas acantiladas de Cuba, donde la superficie abrasiva sobre la Formación Jaimanitas está a unos pocos metros sobre el nivel del mar. Este es el resultado de los movimientos de ascenso del terreno que sobrepasan la velocidad de ascenso del nivel del mar, y dan lugar al levantamiento de las áreas costeras (Notas de campo del autor).

La juventud de este proceso se puede precisar es la península de Zapata, donde la misma superficie abrasiva sobre Jaimanitas está cubierta por turbas cuya mayor antigüedad, según determinaciones por el método de C^{14} , es de 18 ka (Ducloz, 1963., indicando que está inundada (pero emergida) desde fecha muy reciente.

En otras zonas, como en el propio archipiélago de Los Canarreos, donde por el sur ocurre el levantamiento del nivel del mar, por el norte de Cayo Largo del Sur y en Cayo Piedra, hay claras evidencias del levantamiento del terreno. En este último cayo la superficie de Jaimanitas está a 0.40-0.50 metros sobre el nivel del mar y hay un nicho de oleaje/mareal labrado en calcarenitas eólicas post-Jaimanitas, situado a 1.7 metros sobre el nivel del mar (Notas de campo del autor). Esto indica que Los Canarreos se están comportando como un pequeño bloque tectónico cuyo flanco norte se levanta mientras su flanco sur se hunde, en un claro proceso de basculación. Tal proceso de basculación de bloques se observa también a mayor escala. Por ejemplo, la costa norte de La Habana (donde hay elevaciones de hasta 100 metros) se levanta en tanto que la costa sur (donde el relieve es llano), se hunde. Lo mismo se observa en la provincia de Camaguey. No es este el caso de Cuba Oriental, pues en dicha región ambas zonas costeras están en proceso de levantamiento (Iturralde-Vinent, 1978, 1982, 1998). Un área pequeña donde ocurren levantamientos locales, dentro de un marco de descenso relativo de los terrenos, es el archipiélago de Jardines de la Reina (sur de Camagüey), donde los cayos de Orihuela conforman una cresta constituida por un arrecife de coral que por el rumbo se levanta al punto que su extremo oriental está expuesto a la superficie desde tiempos recientes, al punto de que apenas han comenzado a crecer algunos cactus (Notas de campo del autor).

Al norte de Matanzas, en el poblado de Martí, se encuentra un depósito de brea fosilífera que contiene restos de animales terrestres que se han datado por el método de C^{14} entre 5 000 y 9 000 a, los cuales están mezclados con moluscos marinos muy jóvenes, probablemente de la misma edad (Iturralde-Vinent et al., 2000 y datos inéditos). Este depósito hoy yace a unos 20 metros sobre el nivel del mar, sugiriendo la ocurrencia de un levantamiento del terreno (retirada local del mar) en el Holoceno. Estas observaciones confirman que los movimientos del nivel del mar en las áreas de levantamiento neotectónico activo, generalmente son superados por los movimientos neotectónicos.

Tomando en cuenta estas observaciones se puede sugerir que hace 7-8 ka el mar cubrió parte de las zonas costeras y la superficie del nivel freático se elevó consecuentemente en todo el territorio. A esto se añadió un pico de pluviosidad que contribuyó al empantanamiento de las partes bajas del relieve. Así se deben haber desarrollado ambientes



de humedales y lagunas en las llanuras, donde cocodrilos, tortugas y otros animales acuáticos convivieron con animales terrestres en casi todo el territorio de Cuba (Mayo, 1970; Acevedo y Arredondo, 1982; Acevedo, 1983). Posteriormente, la poca velocidad de ascenso del nivel del mar (Fig. 2a) entre 7 ka y hoy, permitió que el ascenso del nivel del terreno, en muchas localidades, y sobre todo en las áreas con tendencia secular al levantamiento (Fig. 3), superara la velocidad de ascenso del nivel del mar y elevara el relieve de la isla hasta la altitud actual. De este modo se puede llegar a la conclusión de que el relieve de Cuba, y en particular el contorno de sus costas, es muy joven, apenas formado en los últimos 7 ka.

Notas biogeográficas

La biogeografía del Cuaternario de Cuba ha sido evaluada en el pasado tomando como base los restos fósiles de vertebrados terrestres (Mayo, 1970; Kartashov et al., 1981; Acevedo y Arredondo, 1982; y otros). Estos autores consideraron que la mayoría de los ancestros de los taxones terrestres, y sobre todo los mamíferos, habían arribado a Cuba después del Mioceno Superior; de modo que en el Plioceno-Cuaternario se estimaba que había ocurrido una diversificación explosiva de estos mamíferos. Lo cierto es que después del hallazgo de restos de estos mismos grupos de mamíferos terrestres en estratos del Oligoceno y Mioceno en las Antillas Mayores, se pudo establecer que por un largo tiempo estos grupos de animales habían evolucionado en las Antillas, y por tanto, no se diversificaron solamente en el Cuaternario, sino desde su llegada a las Antillas Mayores hace 35-33 Ma (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; White y MacPhee, 2001).

Este proceso de evolución y extinción tuvo que estar influenciado por los cambios del clima (temperatura y pluviosidad) y del nivel del mar. En la América del Norte, Graham et al. (1996) demostraron como la capacidad de dispersión y de diversificación de las especies cambió con el avance y retroceso de los glaciales continentales. En las islas antillanas, aunque a menor escala, tuvo que suceder lo mismo, en este caso debido a cambios en la extensión de las tierras, modificaciones de su interconectividad, y variaciones en el clima (ciclos de pluviosidad / aridez). Aunque estos cambios en la paleogeografía están comprobados para Cuba, la falta de dataciones precisas de la fauna de animales terrestres del Cuaternario cubano impide someter a control el grado de influencia de estos procesos en la formación de la biota actual. Hasta ahora la mayoría de los restos fósiles de vertebrados datados por C^{14} tienen una antigüedad menor de 9 000 a (datos compilados por el autor). En otros grupos de fósiles, incluido los vegetales, los fechados son más limitados. Por eso los datos paleontológicos no permite evaluar adecuadamente la biogeografía del Cuaternario sobre una base histórica, y los métodos moleculares (Hedges, 1996), son lo bastante imprecisos como para no ayudar en este aspecto (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999).

En el futuro las investigaciones paleontológicas del Cuaternario deben dirigirse al fechado más amplio de las biotas fósiles, no sólo desde el punto de vista relativo, sino sobre todo desde el punto de vista absoluto, para poder reconstruir la biogeografía en detalle, para lo cual, adicionalmente, se pueden utilizar los mapas paleogeográficos presentados en este trabajo.



Referencias

- Acevedo, M., 1981. Geografía Física de Cuba. Pueblo y Educación, Tomo 1., 313 p.
- Acevedo, M., 1983. Observaciones sobre hipótesis recientemente anunciadas acerca del Plioceno y Pleistoceno de Cuba occidental. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 7:37-56.
- Acevedo, M. y O. Arredondo, 1982. Paleogeografía y geología del Cuaternario de Cuba. Resúmenes IX Jornada Científica del Instituto de Geología y Paleontología, p. 59-84.
- Acevedo, M., R. Gutiérrez, 1974. Contribución al estudio de la estratigrafía del Cuaternario de Cuba del occidente de Cuba. *Voluntad Hidráulica* II(29):59-62.
- Albear Franquiz, J.F. de, Iturralde-Vinent, M. 1985. Estratigrafía de las provincias de La Habana, en M. Iturralde-Vinent (ed.) Contribución a la geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana, Editorial Científico-Técnica, p. 12-54.
- Biosca, L., R. De la Cruz, P. Cañas Abril, S. Isalgué. 1978. Geomorfología, mapas 30-31, en Atlas de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.
- Bresznýánszky, K., G. Franco, Gy. Radocz., 1983. Perfiles comparativos de las áreas de Cabo Cruz y Maisí, en E. Nagy (ed.) Contribución a la geología de Cuba oriental. Editorial Científico-Técnica, p. 169-172
- Bronnimann, P. and Rigassi, D., 1963. Contribution to the geology and paleontology of the area of the city of La Habana, Cuba, and its surroundings. *Eclog. Geol. Helvetiae* 56 (1): 193-480.
- Buguel'skii, Yu., 1979. Cortezas de intemperismo mineralizadas del Trópico húmedo (en ruso). Editorial Nauka, Moscú, 286 p.
- Busto, R. Del., 1975. Las terrazas marinas de Maisí. Univ. de La Habana, Ciencias, *Serie 7 Geografía*, p. 1-12.
- Díaz, J.L., A. Magas, J. Hernández, A. Venero, F. Perez, 1991. Reconstrucción tectónica local mediante el análisis de la morfoescultura marina en la franja costera Río Seco-Punta Maisí, provincia de Guantánamo, Cuba. pp. 10-19. *En Morfotectónica de Cuba* oriental. Editorial Academia, La Habana.
- Ducloz, C., 1963. Etude géomorfologique de la région de Matanzas, Cuba. *Archives de Sciences*, v. 16 (2):351-402.
- Dzulynski, S., A. Pszczolkowski, J. Rudnicki, 1984. Observaciones sobre la génesis de algunos sedimentos terrígenos cuaternarios del occidente de Cuba. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio*, v. 9:75-90.
- Franco, G.F., 1983a. Columna geológica del Terciario en el Golfo de Guacanayabo, en E. Nagy (ed.) Contribución a la geología de Cuba oriental. Editorial Científico-Técnica, p. 127-133
- Franco, G.F., 1983b. Observaciones sobre el Neógeno-Cuaternario de la franja marina costera del extremo oriental de Cuba, en E. Nagy (ed.) Contribución a la geología de Cuba oriental. Editorial Científico-Técnica, p. 144-162.
- Franco, G.F., A. De La Torre, 1980. Los depósitos costeros del sur de la isla de la Juventud (Isla de Pinos), Cuba. *Rev. Ciencias Tierra y del Espacio* (2):1-12.
- Furrazola-Bermúdez, G., C.M. Judoley, M.S. Mijailóvskaya, I.P. Novojastky, A. Núñez Jiménez, J.B. Solsona. 1964. Geología de Cuba. Editorial Nacional de Cuba, 239.
- Graham, R., et al. (FAUNMAP Working Group), 1996. Spatial response of mammals to Late Quaternary environmental fluctuations. *Science* v. 272:1601-1606.
- Hedges, S.B., 1996. The origin of the West Indian amphibian and reptiles. in R. Powell and R.W. Henderson (eds.), Contribution to west Indian Herpetology: A tribute to Albert Schwartz. Society for the Study of Amphibians and reptiles, Ithaca (New York). *Contr. to Herpetology*, 12, 95-128.
- Ionin, A.S., A. Pavlidis, O. Avello Suárez 1977. Geología de la plataforma de Cuba [en ruso]. Editorial Nauka, Moscú, 215 p.
- Iturralde-Vinent, M., 1967. Estudio geológico preliminar del municipio de Manguito, provincia de Matanzas, Cuba. Inst. Nac. Recursos Hidráulicos, *Publ. Especial* (4):1-12.
- Iturralde-Vinent, M., 1969a. El Neógeno en la provincia de Matanzas, Parte General. Inst. Nac. Recursos Hidráulicos, *Publ. Especial* (7):3-30.
- Iturralde-Vinent, M., 1969b. Principal characteristics of the Cuban Neogene stratigraphy. *AAPG Bull.* 53:1938-1955.
- Iturralde-Vinent, M., 1978. Los movimientos tectónicos de la etapa de desarrollo platafórmico de Cuba. Acad. Ciencias de Cuba, *Informes Científico-Técnicos* 20:3-24.



- Iturralde-Vinent, M., 1982. Aspectos geológicos de la biogeografía de Cuba. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio*, v. 5: 85-100.
- Iturralde-Vinent, M., 1988. Naturaleza geológica de Cuba. Editorial Científico-Técnica, 146 p.
- Iturralde-Vinent, M. 1991. Deslizamientos y descensos del terreno en el flanco meridional de la Sierra Maestra, Cuba sudoriental: In *Morfotectónica de Cuba Oriental*, Inst. de Geografía, ACC, p. 24-27.
- Iturralde-Vinent, M. 1998. Sinopsis de la constitución geológica de Cuba. pp. 9-56. En J.C. Melgarejo y J.A. Proenza, Geología y Metalogénia de Cuba: Una introducción. *Acta Geológica Hispánica* v. 33, no. 1-4.
- Iturralde-Vinent, M., M. Cabrera Castellanos, 1998. *Geología y Minería'98, Memórias*, Tomo I, Sociedad Cubana de Geología, p. 319-321.
- Iturralde-Vinent, M., R.D.E. MacPhee, S. Díaz-Franco, R. Rojas-Consuegra, W. Suárez, A. Lomba. Las Breas de San Felipe, a Quaternary Fossiliferous Asphalt Seep near Martí (Matanzas Province, Cuba). *Caribbean Journal of Science* 36(3-4):300-313.
- Iturralde-Vinent, M., Morales, J.L. 1973. Contribución al estudio del Mioceno Superior y Plioceno al norte de Matanzas. *Rev Tecnológica* XI(5-6): 24-31.
- Karner, D.B., J. Levine, B. Medeiros, R. A. Muller, 2002. The Benthic stack. A new stacked record of global climate of the last 850,000 years. In <http://jlevine.lbl.gov/BenStackintro.html>
- Kartashov, I.P., N.A. Mayo, A.G. Cherniakhovsky, L.L. Peñalver, 1976. Descripción de algunas formaciones geológicas del sistema Cuaternario de Cuba, reconocidas recientemente. *Acad. Ciencias Cuba, Serie Geológica* (26): 1-12.
- Kartashov, I.P., A.G. Cherniakhovsky, L.L. Peñalver, 1981. Antropogene of Cuba. *Transaction Geological Institute* v. 356, pp. 1-145. Editorial Nauka, Moscow.
- Lambeck, K., J. Chappell, 2001. Sea Level Change Through the Last Glacial Cycle. *Science* v. 292: 679-686.
- Liliemberg, D. 1984. Geodinámica contemporánea del sistema montañoso Sierra Maestra, pp. 128-135, En. *Polígonos Geodinámicos Complejos*, Editorial Nauka, Moscú.
- Liu, J.P., J.D. Milliman, 2002. Post-Glacial sea level in the western Pacific: Evidence and significance of a step-like transgression. <http://www.vims.edu/~jpliu/sealevel/>
- Mayo, N., 1970. Depósitos pleistocénicos de los cauces subterráneos abandonados de la Sierra de los Organos: evidencias de periodos pluviales. *Acad. Ciencias de Cuba Actas* 2:57-62.
- Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989. Editado por el Instituto de Geografía y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.
- Núñez Jiménez, A. Clasificación genética de las cuevas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Geografía.
- Ortega, F., 1983. Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 7:57-68.
- Ortega, F., I. Zhuravliova, 1983. Crítica a la hipótesis de "dos" pleistocenos cubanos, a la luz de la información edafológica. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 6: 63-85.
- Pajón, J., I. Hernández, F. Ortega y J. Macle, 2001. Predioids of wet climate in Cuba: Evaluation of expresión in karst of Sierra de San Carlos. *Interhemispheric Climate Linkages*, 217-226, Academic Press.
- Peñalver, L.L., 1982. Correlación estratigráfica entre los depósitos cuaternarios de la plataforma noroccidental de Pinar del Río y las zonas emergidas próximas. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio* (5):63-84.
- Peñalver, L.L., J.R. Oro, A. Barrientos, 1982. Las secuencias carbonatadas del Plioceno-Pleistoceno "húmedo" de Cuba occidental. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio* (5):25-42.
- Peñalver, L.L., J.R. Oro, A. Barrientos, 1982. Las secuencias terrígenas del Plioceno-Pleistoceno "húmedo" de Cuba occidental. *Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio* (5):43-62.
- Peñalver, L.L., R. Lavandero, A. Barrientos, 1997. Sistema Cuaternario. En G. Furrázola-Bermúdez y K. Núñez Cambra. *Estudios sobre geología de Cuba, Instituto de Geología y Paleontología*, La Habana. p. 165-178.
- Peñalver, L.L., Barrientos, A., Orbera, L., Hernández, C., Estrada, V., Nápoles, E., Alvarez, J., Pérez Laso, J., Méndez, A., Fundora, M., 1998. Versión actualizada del mapa de depósitos Cuaternarios de Cuba y su plataforma insular a escala 1:500 000, *Geología y Minería'98, Memórias*, Tomo I, Sociedad Cubana de Geología, p. 559-561.



- Pushcharovski, Yu.M.(ed). 1988. Mapa geológico de la República de Cuba escala 1:250 000. Academia de Ciencias de Cuba y URSS. 42 hojas.
- Remane, J. 2000. International stratigraphic chart. *UNESCO-IUGS*.
- Shantzer, E.V., O.M. Petrov, G.F. Franco, 1976. Sobre las terrazas marinas costeras y los depósitos relacionados con ellas (en ruso). *En Acumulación de sedimentos cuaternarios y formación del relieve*, Edit. Nauka, Moscú, p. 34-80.
- Skwaletski, E. y M. Iturralde-Vinent, 1971. Estudio ingeniero-geológico del carso cubano. *Serie Espeleológica y Carsológica* no. 31, 58 p.
- White, J., R.D.E. MacPhee, 2001. The sloths of the West Indies: A systematic and phylogenetic review. P. 201-235, En C.A. Woods y F.E. Seiglie. *Biogeography of the West Indies, Patterns and Perspectives*, Second edition. CRC Press.