

*«Aquella isla es muy grande y tan hermosa que no se hartaba de decir bien de ella»
«Pienso irgo, a las Indias» Diego Bartolomé de las Casas*

Cuba Geográfica

Volumen III, Número 6, enero-junio 2018

ISSN 2473-8239

LA CIUDAD Y EL KARST

Pisar firme antes de construir p. 1

- El viento como fuente de energía
- Cuánta agua hay y cómo se usa
- Lo que debimos saber de E.A. Finko
- El Instituto de Moscú cumple un siglo

Una nota de introducción

Con este número CubaGeográfica mira al futuro.

Al menos a ciertas facetas del desarrollo económico y demográfico que tratamos de imaginar para Cuba y su ciudad cabecera. Ese desarrollo vendrá acompañado de más presión sobre el delicado balance ambiental de la isla y sus recursos. Será necesario disponer de más espacio, más energía, más agua, y la manera de procurarlos se puede ir delineando desde ahora.

En algún momento La Habana va a expandirse otra vez. Va a crecer su población, en descenso desde hace dos décadas, y la ciudad misma va a reclamar nuevos espacios. Rodeada de terrenos kársticos, no le queda otra que ir sobre ellos, y es conveniente que antes de levantar la primera obra se eche una mirada experta al substrato para evitar errores ya conocidos. El artículo sobre la urbanización y el karst en La Habana es un llamado a la atención de los futuros urbanizadores.

La energía es un dolor de cabeza crónico para los cubanos y las soluciones mágicas dejan mal sabor cuando se desvanecen. El viento es una de las fuentes alternativas efervescentes hoy, pero ¿es realmente una energía “limpia” para Cuba? Su desarrollo entraña un costo ambiental que se debe ponderar antes de tomar decisiones irreversibles.

Y es clave conocer cómo se utilizan los recursos hídricos para hacerle frente al desarrollo de mañana. Hay que hacer eficiente el uso del agua, pero antes hay que conocer mejor de cuánta se dispone, quiénes la emplean, cuánta se malgasta y cuánto se contamina el recurso. Es el Abecé de la solución ordenada de un problema que alarma y afecta a todos.

Esta es apenas una muestra de los temas geográficos en los cuales vale la pena detenerse. Esperamos que queden sobre la mesa para pensar en ellos y en el futuro.

Muchas gracias

Manejo del agua

Las reservas aprovechables de agua en Cuba son amplias. Antes de agotarlas se puede utilizar casi tres veces tanta agua como la que hoy se consume. Al menos así lo muestra el balance actual del ciclo hidrológico. Pero la aparente abundancia puede ser engañosa si no se preserva la calidad

Página 18



Salto de agua en el río Buey, vertiente norte de la Sierra Maestra. Foto de Wikimedia Commons

- Urbanización y karst en La Habana** **1** En su mayor parte La Habana está construida sobre territorios karstificados. Cuando crezca, lo hará sobre estos terrenos en buena medida. Es necesario conocerlos de antemano.

- El viento, la nueva fuente de energía** **18** Contar con una fuente de energía independiente, suficiente y segura es un viejo sueño cubano. El viento pudiera ser una opción pero vale la pena examinar el precio a pagar.

- Elizaveta A. Finko en la memoria** **22** La geomorfóloga rusa hizo en Cuba un trabajo singular en la primera mitad de la década de 1970. Muy pocos lo conocen porque fue suprimido.

- El IGRAN cumple 100 años** **26** El Instituto de Geografía en Cuba se formó con el amparo intelectual –también material– del Instituto de Moscú. De cierta manera andan caminos similares.

Urbanización y karst en La Habana

por Antonio R. Magaz

*La Habana –más precisamente la mitad de la ciudad–
encara problemas derivados de estar construida
sobre un territorio karstificado.*

Esta condición no solo obliga a mantener funcionales las redes de drenaje, sino además –y es lo más importante– a que antes de construir se considere que fuera de la vista hay un ordenado sistema dinámico, creado desde el Pleistoceno inferior, que drena el agua con rapidez y en el proceso crea cavidades grandes y pequeñas próximas a la superficie, como una red interconectada e interdependiente que conviene conocer y preservar por la salud urbana. Lo anterior vale para la ciudad actual y sobre todo para la del futuro, la que atraída por las cercanas Matanzas y Mariel, por

atractivos paisajes y por una economía reanimada, deberá crecer en gran parte a lo largo de la costa norte, sobre la faja de pequeñas alturas y terrazas marinas karstificadas. En esa Habana posible sería conveniente no repetir los errores de la ciudad de hoy, creada casi toda cuando el karst sobre la cual se edificó aún estaba por conocerse.

Esta será competencia de urbanizadores y planificadores, de ingenieros, de geofísicos, hidrogeólogos y de geógrafos a quienes conviene mantener al tanto de los planes del futuro y pedirles opinión para bien.



A. Echevarría / Granma Internacional

Inundación en la parte baja del Vedado (terrazza abrasiva del Holoceno) después de un aguacero fuerte. La capacidad de absorción es limitada en la superficie impermeabilizada del karst.

Como otras ciudades del mundo, La Habana siente las limitaciones que el relieve le impone a la urbanización y a veces las pasa por alto.

Ciertas zonas de la ciudad se inundan porque se construyeron sobre antiguos manglares, o sobre la terraza costera baja del Holoceno. Otras ocupan el lecho de cañadas erosivas donde se forman torrentes súbitos en aguaceros intensos. Hay áreas donde ocurren hundimientos sufosivos que arrastran casas, instalaciones económicas o partes de la infraestructura.

Alrededor de la mitad de La Habana está construida sobre terrenos kársticos. En números redondos, eso puede ser igual a la mitad de la población, de las construcciones y de la infraestructura.

La asimilación urbana planificada de nuevos territorios es siempre una tarea complicada que demanda del trabajo de muchos especialistas, de recursos fuertes y de difíciles tareas

de ejecución, desde las etapas de zonificación y proyecto hasta las acciones de ejecución, mantenimiento y restauración. Pero cuando la expansión urbana tiene lugar hacia relieves karstificados y diversos, la complejidad del trabajo aumenta notablemente debido a la naturaleza estructural y funcional de las regiones y de sus sistemas y zonas kársticas (Fig.1). Esto exige la elaboración de proyectos constructivos especialmente diseñados para estas áreas donde se requiere de un conocimiento profundo de estas unidades del paisaje.

Los estudios principales sobre el karst territorial fueron realizados por Manuel Acevedo (1967), Manuel Iturralde-Vinent (1967) y Antonio Núñez Jiménez, Vladimir Panos y Otakar Stelc (1968) cuando no se disponía de un levantamiento geomorfológico detallado de las formas kársticas.

La urbanización –y la construcción

en general– sobre las superficies kársticas presenta retos y riesgos por el carácter impredecible del substrato. La circulación del agua subterránea y la disolución de las rocas siguen patrones estructurales complicados que debilitan el terreno ante la presión de carga. Por ello la inspección geológica y geofísica detallada pueden evitar desarrollos en áreas de alto riesgo con costos de construcción elevados.

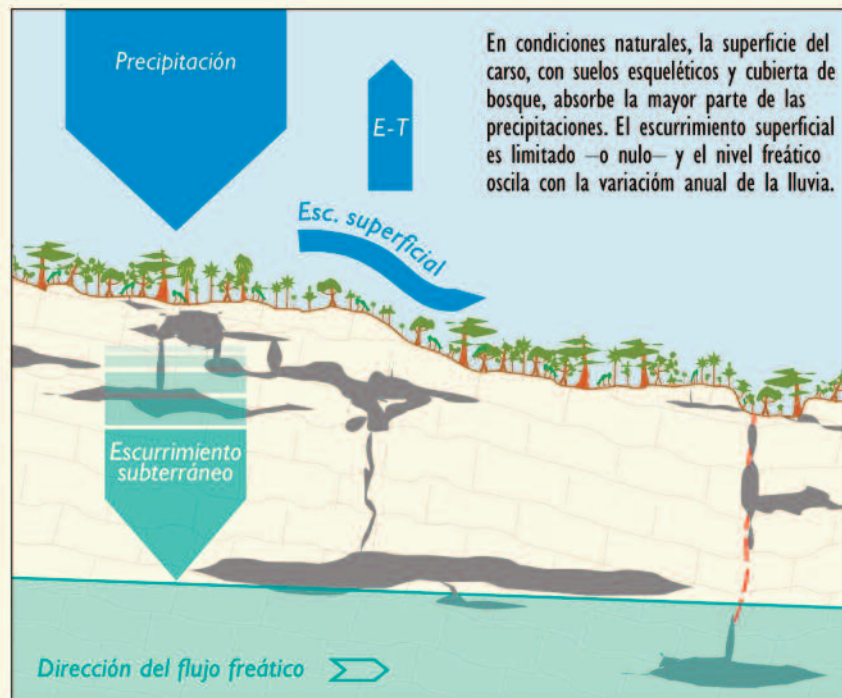
Las características del territorio kárstico que determinan la complejidad y la especificidad en el diseño y el tipo de las acciones constructivas y de protección medioambiental en estas superficies son las siguientes:

- Existe un substrato de rocas carbonatadas (desde calizas microcristalinas, calizas biodetríticas hasta margas carbonatadas), que están denudadas por disolución química y erosión. La denudación está controlada por planos de fractura, por la posi-

ción de horizontes porosos, por planos de estratificación y la forma de yacencia..

- Hay sedimentos arcillosos de espesor variable, usualmente residuos de disolución u otros orígenes que sepultan las rocas kársticas o rellenan sus cavidades.
- El drenaje superficial es limitado o no existe; está reemplazado por un drenaje subterráneo —o mixto— que forma cuencas de extensión y densidad variables, con formas de absorción difusas, como valles y cauces fluvio-kársticos ciegos y campos de lapies; o puntuales dispersas, como dolinas, sumideros o furnias, formas de absorción o recarga del agua pluvial o fluvial de los sistemas.
- Bajo la superficie existe una red interconectada de conductos, cuevas y cavernas a profundidad variable, que ocupa todo el espesor de la zona de aereación y freática. Es la red tridimensional de drenaje y reserva de agua subterránea utilizable.
- Hay manantiales o surgencias, grupos de manantiales o polisurgencias y estavelas (temporalmente influentes y efluentes) que son las formas de emisión propias del territorio kárstico.
- La infiltración de la lluvia hacia el interior del sistema kárstico a través de la red de absorción y la frecuente presencia de suelos esqueléticos producen un geosistema seco en las superficies más jóvenes ($Q_{III} - Q_{IV}$) del karst.
- Este particular ambiente permite el desarrollo de especies y ecosistemas subterráneos que deben protegerse.
- Si son artificialmente modificados, estos sistemas pueden aumentar su capacidad colectora por disolución de la roca (decalcificación) y por lavado de los sedimentos subterráneos. Estos procesos lentos aumentan el volumen hueco, lo que tiende a hacer inestable la superficie.

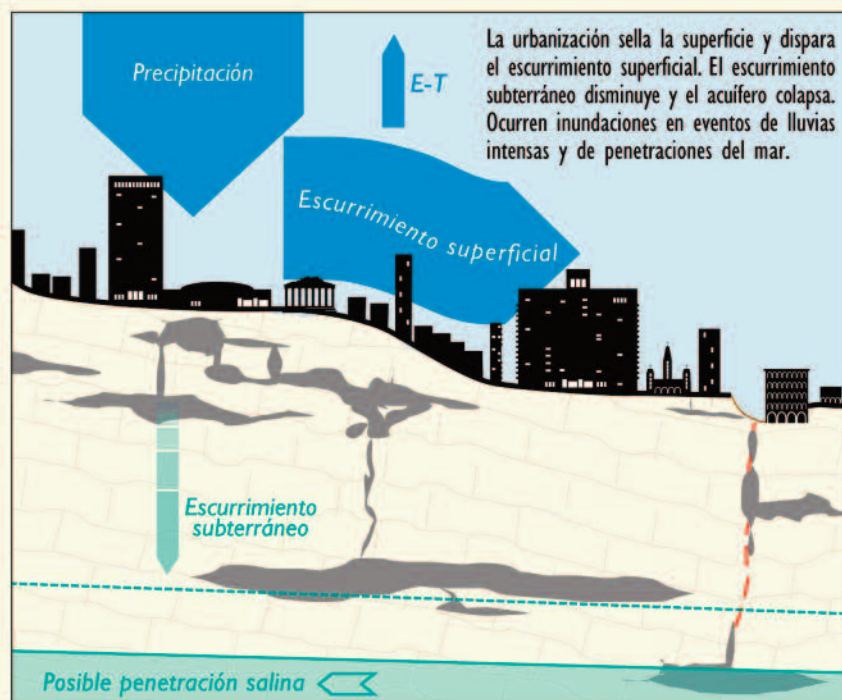
ELEMENTOS DEL BALANCE HÍDRICO EN LA HABANA



Este es un esquema tan elemental y conocido que parece superfluo: en las zonas urbanas kársticas el escurrimiento superficial aumenta de manera drástica, colapsa el nivel freático y cae la evapotranspiración. También cambia el régimen de las cavidades subterráneas, que con frecuencia se rellenan o son usadas como convenientes desagües naturales.

La urbanización cambia el balance hídrico e incrementa considerablemente la intensidad y la duración de las inundaciones en la terraza baja del Holoceno durante las penetraciones marinas y las lluvias extremas.

Para reducir la vulnerabilidad deben ser ejecutados proyectos para el drenaje rápido donde estén respetadas las zonas y puntos de recarga subterránea y el diseño y mantenimiento del alcantarillado.



La construcción en este tipo de terrenos requiere de soluciones especiales. Las oquedades colectoras y conductoras del drenaje subterráneo deben ser protegidas para evitar la obstrucción de los focos del drenaje natural y la formación de áreas de inundación. Esto incluye el revestimiento, la ubicación de filtros y el entubamiento direccional de los focos del escurrimiento hacia la capa acuífera y la prohibición del vertimiento de residuales en estas formas.

Para proteger las construcciones de derrumbes de cámaras subterráneas y de hundimientos sufosivos se necesita de la exploración geofísica para diseñar las mejores variantes de cimentación, —incluyendo la inyección de cemento en cavidades— y para poder ubicar las redes técnicas de drenaje pluvial. Las surgencias también deben protegerse con obras de fábrica o mediante captaciones, derivadoras o con la construcción de acueductos.

Estas acciones reducen la vulnerabilidad y el riesgo constructivo y contribuyen a la estabilidad de la infraestructura urbana. De igual modo, propician la protección del medio ambiente kárstico y sus acuíferos.

LA DIFERENCIACIÓN GEOMÓRFICA DEL KARST

El karst de las antiguas provincias habaneras ocupa el 60% del territorio y su diversidad estructural y funcional está relacionada con las unidades morfogénicas regionales y su componente litoestructural.

Sobre la base del mapa carsológico de Cuba (Núñez, et al, 1968) y del levantamiento geomorfológico a escala 1:250,000 (Portela et al, 1988) (Fig.1), las unidades regionales del relieve kárstico (Fig.2) pueden ser agrupadas en:

I Alturas y llanuras aterrazadas y karstificadas de la costa norte (Alturas de La Habana-Matanzas).

Son alturas pequeñas de bloque,

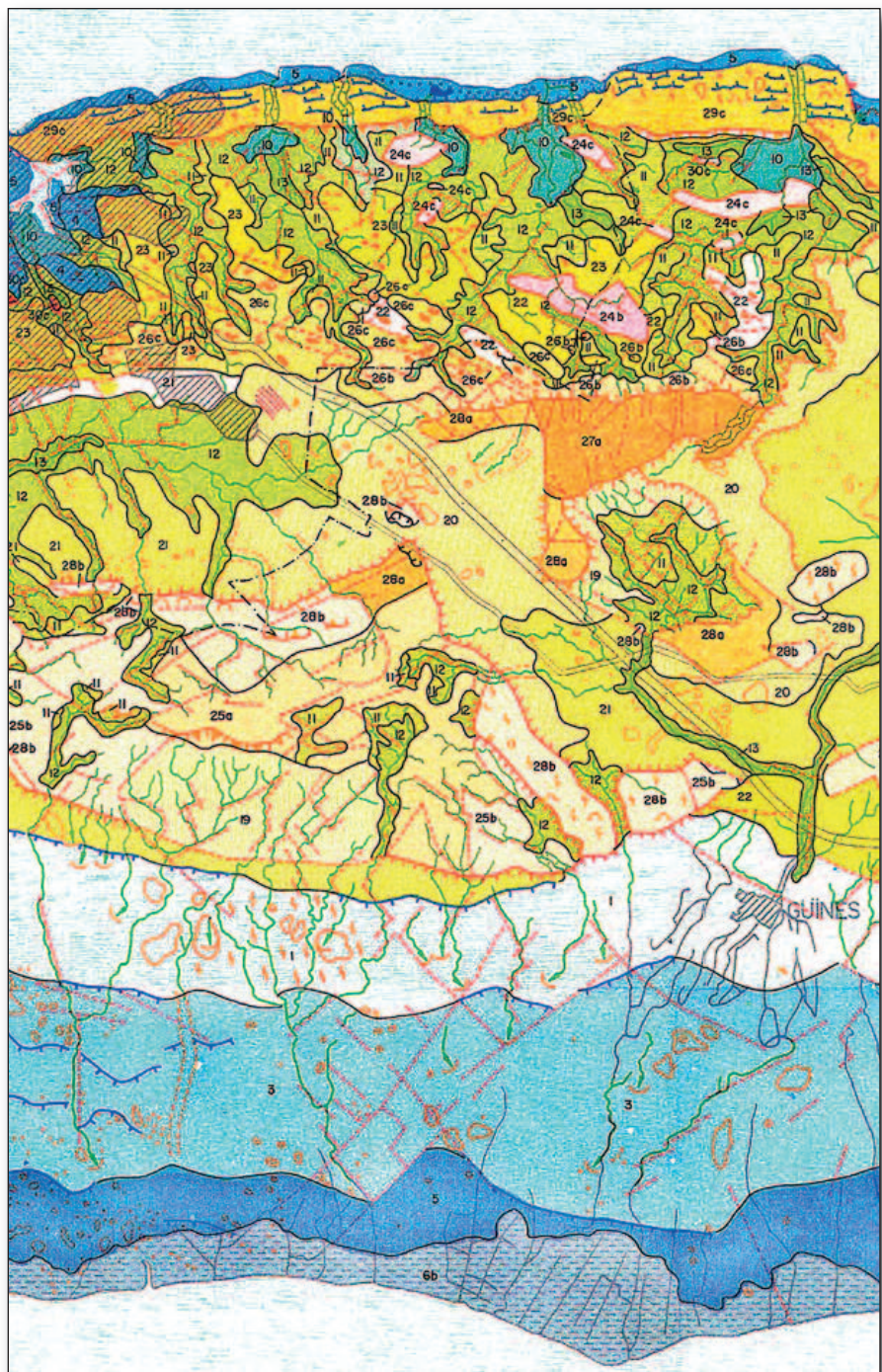


Figura 1 Fragmento del Mapa Geomorfológico de La Habana 1:250,000 (1988), un trabajo que hizo hincapié en representar las formas kársticas.

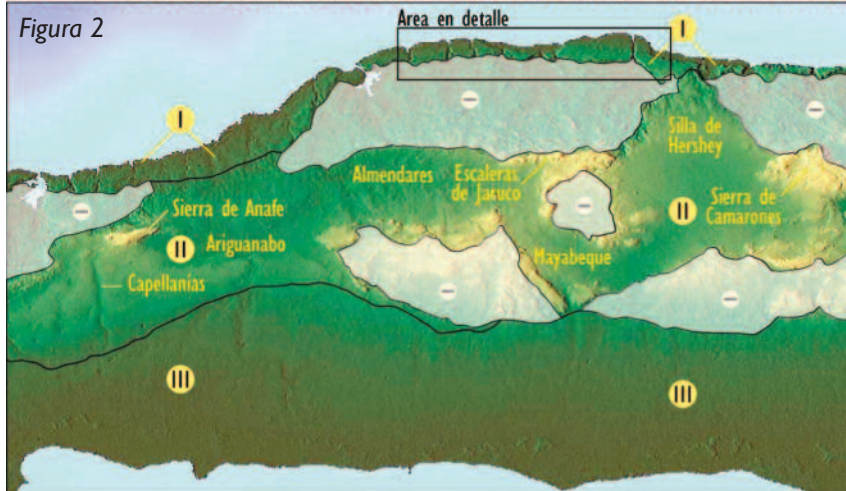
con estructura monoclinial y altitud de 100 a 120 m, cortadas transversalmente por cañones erosivos de los ríos de la vertiente norte.

Están limitadas al sur por una escarpa tectónico-denudativa bien marcada en el relieve. Su flanco costero está esculpido por entre 4 y 6 terrazas marinas karstificadas.

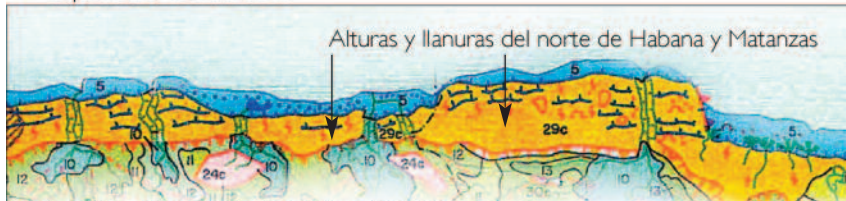
La posición geográfica de esta región, su desarrollo histórico y sus

paisajes naturales le confieren una excepcional vocación intrínseca para el desarrollo residencial y recreativo. En ella alternan extensas playas con acantilados litorales, terrazas abrasivas altas, bahías de bolsa, cuevas marinas, caletas con playas de bolsillo y cañones en las desembocaduras de los ríos. Es de esperar que, atraídas por su desarrollo interdependiente, las ciudades de La Habana,

DIFERENCIACION GEOMORFICA DEL KARST EN LA HABANA



- I Alturas y llanuras del norte de Habana y Matanzas
- II Llanuras denudativas y alturas del eje insular intensamente karstificadas
- III Llanuras aterrazadas y lacuno-palustres karstificadas de la costa sur
- Superficies no kársticas



Tomado del Mapa Geomorfológico de La Habana 1:250,000

Matanzas y Mariel crezcan de este a oeste sobre estas alturas litorales para formar un cordón urbano continuo con una población que puede sumar varios millones de habitantes.

Pero estas alturas sobre las cuales va a crecer la ciudad, elaboradas en rocas carbonatadas de la cobertura, están intensamente karstificadas. Desde la costa hacia el interior afloran las formaciones Jaimanitas, Vedado y Güines y, en la escarpa meridional, las formaciones Cojimar y Universidad, que por su composición arcillosa constituyen niveles de base de la karstificación.

Las formas kársticas de absorción en las superficies de las terrazas son campos de lapiés, dolinas de hundimiento, grietas de distensión ampliadas por derrumbe y disolución, claraboyas y furnias pequeñas.

En las alturas existen varios niveles horizontales de cavernamiento que pueden aparecer superpuestos, distribuidos en correspondencia con las alturas de las costas antiguas.

Estos niveles han sido conectados por derrumbes subterráneos y por cavidades de disolución verticales e inclinadas, condicionadas por los sistemas de fracturas y por la estratificación. Las cuevas más altas y cercanas a la superficie de las terrazas tienen una planta circular y se abren al exterior por derrumbes de bóvedas semiesféricas. Los techos de galerías y salones antiguos se localizan a una profundidad de 1 a 3 m por debajo de la superficie exterior. En estas galerías hay salas con forma de bóveda, que pueden tener alturas de hasta 15 m y conos de derrumbe formados por fragmentos de estratos.

En la terraza donde se abren las dolinas de la caverna de las Cinco Cuevas, cerca de Boca de Jaruco, a 65 m. de altitud, el nivel actual de la capa de agua kárstica (Gatera del Lago) está situado a algunos metros por encima del techo de la formación geológica Cojimar y se encuentra a unos 30 m de profundidad, es decir a 35 m sobre el nivel del mar. Este es

el espesor máximo actual de la karstificación, aunque durante la parte alta del Pleistoceno superior el abatimiento marino generó niveles de cuevas por debajo del nivel del mar actual, como se puede constatar en la cueva sumergida de Boca de Jaruco, situada en el mar, a 25 m de profundidad. La conducción subterránea resulta de las componentes del agrietamiento y del buzamiento 10° a 20° al norte. La descarga del agua kárstica tiene lugar en los cañones que cortan las alturas y en los manantiales del litoral y a nivel submarino.

Parte de la ciudad de La Habana está construida sobre esta unidad.

Su urbanización ha traído algunos problemas y conviene repasarlos antes de encarar proyectos futuros.

En el Vedado, en el área comprendida entre la Chorrera, la avenida Infanta y desde el litoral a la Avenida Zapata, el drenaje natural era subterráneo, a través de la superficie desnuda de lapiés y por grietas, algunos sumideros y dolinas.

La urbanización selló la superficie de absorción con asfalto, adoquines y concreto, creando un incremento en la intensidad de la inundación natural por efecto del sellaje del karst. En lluvias intensas, el agua escurre por la superficie hacia la escarpa de la calle 13, e inunda la terraza abrasiva del Holoceno (2-5 m), entre las avenidas Malecón y Línea (Fig.3). Las penetraciones marinas estacionales producidas por frentes fríos o huracanes también inundan esta terraza.

Vestigios de las formas de absorción natural selladas son las dolinas aún reconocibles en la Avenida 23, entre 20 y 24; la calle N, entre 23 y 21; la Avenida de los Presidentes y la calle 21 y calle F, entre 19 y 21 (Magaz, A.R., 2017).

Durante la cimentación del Hotel Nacional, construido en 1930 en la "Loma Taganana", hubo que sellar con cemento una cueva hallada en el substrato. A fines de la década de

Perfil esquemático de las terrazas del norte de La Habana



Terrazas del Norte de La Habana

CONSTRUIR SOBRE ESPACIOS VACIOS

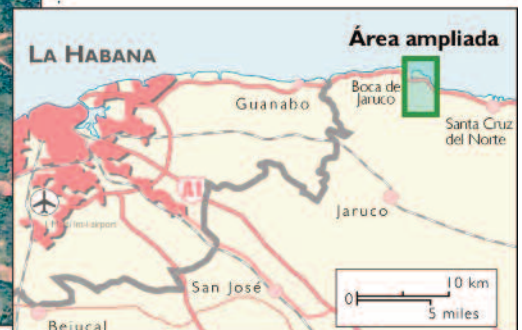
Las terrazas del norte de La Habana son superficies planas, escalonadas, bien definidas, elaboradas sobre calizas cristalinas, sin sedimentos, con una vista excepcional al Estrecho de la Florida, a corta distancia de La Habana actual y con buen acceso para construir marinas, hoteles, clubes deportivos y otras instalaciones de ocio.

El valor de esos terrenos para el desarrollo urbano es incalculable. No es difícil imaginar que muy pronto la ciudad crezca hacia allí.

Sin embargo, la construcción debe lidiar en esos espacios con un sistema kárstico muy bien desarrollado, con sistemas de cuevas superpuestas que se corresponden con los antiguos niveles de base. Algunas de estas cuevas se abren al exterior; otras están cerca de la superficie y no son detectables mas que por sondeos geofísicos, perforaciones y otras técnicas.

La construcción sobre estas terrazas karstificadas tiene que estar precedida por una exploración geomorfológica y geofísica para determinar el volumen de espacio hueco y no interferir con el sistema natural de drenaje subterráneo.

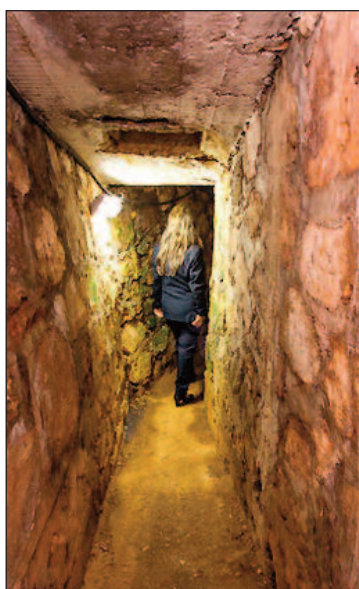
El sector de Boca de Jaruco es un ejemplo del panorama descrito.



Interpretación del autor sobre una imagen tomada de Google Earth del 31 de diciembre del 2016



Figura 3. Algunas dolinas de la terraza abrasiva de 20 m en el Vedado fueron rellenadas para construir sobre o dentro de ellas; la superficie del karst quedó sellada por asfalto o concreto. La terraza inferior se inunda con facilidad por tiempo prolongado.



Galería reforzada de una de las cuevas del Hotel Nacional.



Edificio Girón, calle Primera y E en la terraza abrasiva del Holoceno.

1950 también fue necesario sellar la cavernosidad para cimentar el hotel Habana Hilton, cerca del Nacional.

Ha habido casos de hundimiento y asentamiento en edificios conocidos, como el de la tienda Roseland, en la calle Águila y Neptuno, de Centro Habana, y en el edificio Girón, de la calle 1ª y E, terminado en la década de 1970 a unos pasos del Malecón (Molerio, comunicación personal). Ambos edificios se construyeron sobre la terraza abrasiva del Holo-

ceno tardío a menos de 3 m de altura.

Molerio describe el hundimiento de los pisos de tres edificios que circundan a una dolina inundada en La Habana del Este y que él atribuye a “el cambio del campo de esfuerzos tensionales que indujo el relleno [de una cueva] sobre el sistema físico”. El interesante trabajo describe también las condiciones generales que impone el karst en la construcción y que con frecuencia son pasadas por alto (Molerio, 2017, ver el Anexo 1).

La previsible expansión urbana hacia el este y el oeste de La Habana a lo largo del litoral encontrará el riesgo de edificar sobre oquedades no detectadas y de obstruir el drenaje subterráneo natural, como ya sucedió en la ciudad en el siglo pasado. Para reducirlo se requieren estudios geotécnicos detallados del substrato y de la hidrodinámica kárstica.

II Llanuras denudativas y alturas del eje insular intensamente karstificadas.

Esta unidad es heterogénea y extensa. Se ubica en la zona axial de la isla, coincidiendo a veces con su parteaguas. Forma un paisaje de alturas y llanuras litoestructurales y tectónicas de horst y graben relativos, usualmente muy karstificadas, con límites claros, bruscos y desarrollo diferenciado. Comprende las llanuras del norte y noreste de Artemisa, la Mesa de Anafe, la depresión de Ariguanabo, las cuencas altas de los ríos Almendares y Mayabeque, la Silla de Hershey, las alturas de Managua, las Escaleras de Jaruco, las Lomas de Camoa, la Loma de la Candela, la Sierra del Grillo, las Lomas de Pipián, Cabezas y la Sierra de Camarones.

Esta unidad es más compleja y antigua que la anterior. Su relieve incluye diferentes tipos morfogenéticos y morfoestructurales desarrollados después del Mioceno medio.

El karst está formado en las rocas carbonatadas y carbonatado-terrigenas de la cobertura platafórmica, correspondientes a las formaciones geológicas Husillo, Cojímar y Güines de la transgresión marina del Mioceno inferior y medio. Esta cobertura se fracturó y elevó a diferentes alturas después del Neógeno superior a causa de movimientos neotectónicos de bloque.

La evolución en condiciones subaéreas ha creado superficies de denudación fluvial y kárstica con fuerte expresión en el relieve de la estructura geológica y formación de sedimentos cuaternarios arenoarcillosos y arcillosos de espesor variable.

En estas llanuras denudadas del eje insular se destacan la parte alta de las cuencas karstificadas de los ríos Cayajabos, Capellanías, Ariguanabo, Almendares y Mayabeque, entre otras, que reciben aportes de los sistemas kársticos de las alturas que las circundan.

Las cuencas más importantes son:

Cuencas de los ríos

Cayajabos y Capellanías

Su funcionamiento es fluvioikárstico con numerosas depresiones grandes que pueden alcanzar hasta 2 km. de diámetro y también pequeñas, con varios sumideros en su interior. En el relieve de sus bordes con la llanura meridional se levantan microcrestas karstificadas en la dirección de la estratificación que se extienden por espacio de casi 15 Km. con ancho de 2 km. Estos complejos de formas constituyen las zonas de recarga subterránea de ambas cuencas ciegas que descargan en la cuenca subterránea meridional.

Cuenca de Ariguanabo

Con un área de 188 Km² comprende los municipios San Antonio de los Baños, Bauta y Caimito en la provincia Artemisa; Bejucal en la

provincia Mayabeque y porciones de Boyeros y La Lisa en La Habana donde se distribuye una población de 90,000 habitantes.

La cuenca está situada en una depresión tectónica inclinada limitada hacia el sur por el tabique estructural donde se encuentra el cañón del río San Antonio. Esta estructura originó un lago cuaternario donde se formaron 5 terrazas lacustres acumulativas que cubren con sus sedimentos la mayor parte de la unidad hidrográfica (Portela, A.H., 1988; Magaz, A.R. y Portela, A. H, 2016). El 45% de la Cuenca Ariguanabo (más de 80 Km²) está kárstificado en su basamento y en su periferia denudativa (zona de recarga subterránea), donde ocurre alta densidad de depresiones sufosivas grandes y pequeñas y numerosos sumideros tectocondicionados y dispersos al norte y noreste de la llanura lacustre.

La cuenca Ariguanabo tiene comunicación hidrogeológica con las cuencas subterráneas de Vento y de la llanura sur. A través de indicadores geomorfológicos la conexión con la primera ocurre a través de fracturas y un cauce enterrado existentes entre el extremo noreste de las terrazas lacustres y el río Almendares (Magaz y Portela, 2016) y la relación con la segunda se produce en el sumidero del río San Antonio.

La Cuenca Ariguanabo con un volumen anual de extracción de unos 155 millones de m³ es una de las fuentes principales de agua potable de las provincias Artemisa, Mayabeque y La Habana. Contiene numerosos focos de contaminación industrial y urbana donde se destaca el río Govea que recibe las aguas negras del pueblo de Bejucal sin tratamiento eficiente.

Cuenca Almendares-Vento

Es la fuente principal de abastecimiento de agua potable a La Habana con una extracción anual de 220 millones de m³. Sus recursos están afectados tanto por la sobreexplotación y la contaminación antrópica a causa de las descargas de aguas resi-

duales industriales y urbanas como por la presa Ejército Rebelde del río Almendares cuyas aguas presentan elevados niveles de contaminación (Dapeña C., et al, 2006).

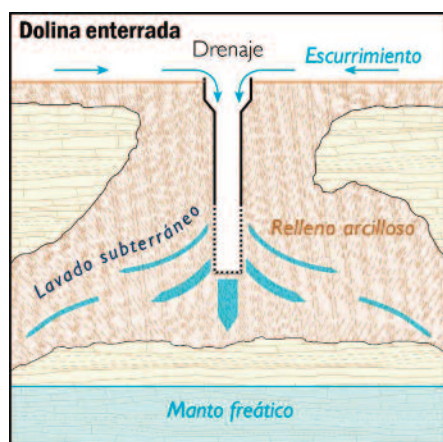
La cuenca media y superior del río Almendares es una estructura longitudinal del eje insular limitada hacia el sur por el flanco norte carbonatado de las Alturas de Bejucal, por las lomas de Camoa y las Escaleras de Jaruco por el este y la divisoria de Santa María del Rosario-San Francisco de Paula por el norte. De acuerdo con las formas del relieve sus zonas de recarga subterránea se hallan en las superficies denudativas que rodean a la cuenca situadas entre 80-140 m con algunos aportes a través de cauces ciegos provenientes de la vertiente suroccidental de Las Escaleras de Jaruco. Son depresiones cerradas grandes y pequeñas con numerosos sumideros, alguna de las cuales son sufosivas situadas en llanuras fluviales de 8 a 25 m, donde el escurrimiento parcialmente se convierte en subterráneo dando lugar a la Cuenca subterránea cerrada de Vento que drena superficialmente al Almendares a través de los manantiales de Vento y otras surgencias. Estas conexiones kársticas entre las zonas altas de recarga y de emisión tienen lugar mediante una conducción cuyo patrón de desarrollo es longitudinal de este a oeste.

Cuenca de Mayabeque

Con 984 Km² es la cuenca hidrográfica más extensa de la unidad regional del eje insular, pues ocupa la totalidad de la Silla de Hersey o superficie denudativa karstificada de Bainoa-Caraballo, el Valle del Perú (no karstificado) y la depresión estrecha entre las Alturas de Bejucal y las elevaciones de Camoa-Escaleras de Jaruco hasta la cabecera superior del río Almendares.

Las formas de recarga del relieve kárstico encuentran su mayor densidad en la franja del tercio meridional de la silla de Hersey, desde las alturas y llanuras karstificadas de Casigua y Zaragoza al oeste hasta las

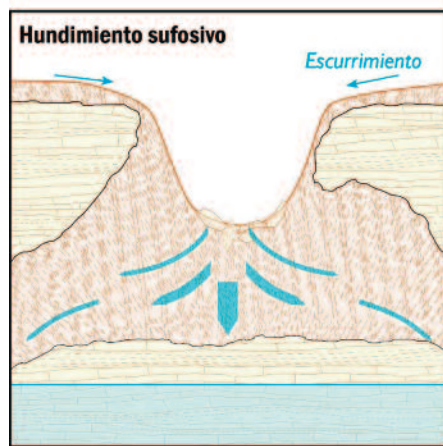
Figura 4 EL DESARROLLO DE UN HUNDIMIENTO SUFOSIVO



Las obras de drenaje pluvial que dirigen el escurrimiento hacia los horizontes profundos en el relleno de las formas kársticas enterradas (arriba) con frecuencia crean problemas serios en la superficie.

Los sedimentos arcillosos se lavan hacia cavidades más profundas y la superficie colapsa (abajo), produciendo hundimientos sufosivos en la superficie que destruyen o dañan las construcciones y la infraestructura.

Este fenómeno es frecuente en los alrededores del Aeropuerto Internacional José Martí.



alturas y llanuras del Grillo, Aguacate, Sierra Camarones y las inmediaciones de Ceiba Mocha al este. Son grandes y pequeñas depresiones con sumideros internos, poljas, algunos valles ciegos y campos extensos de lapiés pero lo más significativo de esta zona de absorción son las cadenas de alturas paralelas (separadas por llanuras altas) modeladas en típicas cúpulas kársticas. En el interior de estas alturas se encuentran elevados los horizontes inferiores de la

cobertura neógena lo cual, desde el punto de vista geomorfológico, sugiere la presencia de acuíferos independientes. Precisamente en esta franja de territorio se encuentra un potente acuífero kárstico que fue captado por el acueducto de El Gato a través de 17 pozos de extracción. Este acuífero subterráneo aporta a la ciudad de La Habana un volumen de extracción anual de unos 100 millones de m³ de agua potable.

En su tercio inferior la Cuenca de Mayabeque descarga parcialmente sus reservas a la Cuenca Meridional de La Habana a través de pérdidas difusas de su cauce fluvio-kárstico transformado antrópicamente.

En esta unidad regional de karst de la parte axial de la isla se tienen experiencias constructivas de la expansión urbana que citaremos a continuación a través algunos ejemplos.

Desde el punto de vista de los procesos exodinámicos y la respuesta escultural del relieve, son muchos los eventos peligrosos que tienen lugar a consecuencia de la antropización inadecuada de territorios karstificados, tanto en proyectos de urbanización como en la planificación para el uso y manejo de cuencas hidrológicas con fines industriales y agrícolas.

Como un ejemplo de lo anterior, en la periferia de La Habana, en las áreas urbanas de Santiago de las Vegas, del reparto Tesis, Boyeros y del Aeropuerto Internacional José Martí, existen karsts enterrados bajo 3 a 6 m de sedimentos arcillosos.

Las depresiones y conductos subterráneos de este paleokarst funcionan parcialmente, absorbiendo el drenaje pluvial de extensas áreas de baja pendiente. Como resultado de la urbanización de este territorio, por un lado, una gran parte de estos focos de drenaje subterráneo ha sido sellada y, por otro, las redes técnicas de drenaje pluvial han intensificado el lavado subterráneo de los depósitos del fondo de las depresiones enterradas. Como consecuencia, la obstrucción de los conductos kársticos

provoca o incrementa la frecuencia e intensidad de las inundaciones e induce hundimientos sufosivos frecuentes, particularmente en la estación lluviosa y durante el curso de los eventos meteorológicos extremos (Rodríguez y Magaz, inédito).

Cada año se producen en esta área varias decenas de hundimientos sufosivos, con daños a la infraestructura y las edificaciones (Fig.4). Un caso notable fue el de las lluvias intensas que produjo el huracán Frederick en septiembre de 1979 (hasta 536 mm en 48 horas). Las inundaciones extensas y prolongadas por varios días generaron una decena de hundimientos, algunos cerca del Aeropuerto Internacional José Martí.

Más recientemente, intensas lluvias en agosto del 2017 produjeron un hundimiento sufosivo en el área de la Terminal 3 del mismo Aeropuerto, en el sitio donde había ocurrido otro hace 10 años. El incidente alteró las operaciones normales del aeropuerto y obligó a desviar aeronaves hacia el Aeropuerto Internacional Juan G. Gómez de Matanzas.

En la zafra de 1970 del desaparecido central Camilo Cienfuegos (Hershey) se utilizó una depresión kárstica superficial para arrojar aguas negras industriales. Esta depresión estaba conectada a una cueva que llevó el desecho hasta una surgencia ubicada en la cuenca inferior del río Jaruco y provocó un desastre en los ecosistemas terrestres y marítimos de esta cuenca.

III Llanuras aterrazadas y lacunopalustres karstificadas de la costa sur.

También se le conoce como Llanura Cársica Meridional de La Habana-Matanzas. Se extiende desde el río Pedernales al oeste hasta el interior de la provincia de Matanzas.

El karst está elaborado en rocas de la cobertura neógena potente y predominantemente carbonatada de las formaciones Güines y Cojimar y en la parte alta del interior afloran ca-



La llanura del Sur y la fragilidad de un territorio esencial para la vida de La Habana

La llanura karstificada del sur de La Habana tiene una vocación bien definida. Produce alimentos para más de tres millones de personas que viven en la capital y en territorios aledaños. Es además la fuente de abasto de casi la mitad del agua que consume la ciudad. Se trata de un territorio abierto, expuesto a que los errores de manejo ambiental tengan consecuencias extensas y prolongadas.

Sus superficies agrícolas de suelos rojos ferralíticos profundos se ven en esta imagen compuesta del Landsat TM (abril del 2001) con tonos rojizos, con una textura geométrica de círculos y rectángulos pequeños. Hacia el este de los pueblos de San Antonio de las Vegas y Batabanó, grandes parches verdes y beige de dibujo rectangular corresponden a cañaverales.

Sin embargo, la llanura dista mucho de ser un territorio homogéneo como pareciera a primera vista.

La uniformidad está interrumpida por algunas estructuras locales transversales (contorneadas por líneas amarillas discontinuas en la imagen), que se distinguen por un diseño abigarrado de colores marrón y verde oliva claros y oscuros y textura moteada irregular. Son espacios de karst desnudo y semidesnudo, con suelos pobres metidos en depresiones kársticas, cubiertas por matorrales secundarios y por pasto espontáneo. Se trata de morfoestructuras de bloque

más altas que los sectores cubiertos por varios metros de suelos rojos bien visibles alrededor de los pueblos de Alquizar y Güira de Melena, al centro de la imagen.

Una expansión de La Habana aumentará la demanda sobre este espacio agrícola y sobre su acuífero, que ya ha sufrido problemas de salinización inducida, de contaminación y degradación, de retroceso del litoral sur y de hundimientos gravitacionales entre otros.

La llanura karstificada del sur de La Habana es tan importante para la capital —y a la vez tan frágil— que requiere de una autoridad de manejo especial que regule las actividades agrícolas, la extracción de agua, el manejo de los desechos y la construcción urbana y de viales.

La heterogeneidad de la llanura hace cambiar la naturaleza de los problemas que puede enfrentar y del manejo de sus recursos.



lizas de la formación Husillo de la parte baja del Mioceno. Su estructura monoclinual se inclina de dos a seis grados hacia el sur, suroeste y sureste. Estas rocas están cubiertas por sedimentos insulares de las formaciones Guevara del Pleistoceno

inferior y medio consistente en arcillas, arenas arcillosas abigarradas, gravas y guijarros parcialmente cubiertos por los sedimentos de la formación Villa Roja compuesta por arcillas, arenas arcillosas, arenas con gravas, guijarros y cantos rodados.

La variabilidad de los espesores de estos sedimentos cuaternarios se relaciona con las dimensiones de los bloques reflejados en el relieve.

Esta unidad regional comprende cuatro superficies marinas emergidas principales desde el litoral sur hasta

cos llegan a la superficie de 5 a 7 m del Holoceno. La penetración de los valles en la llanura karstificada es una función del área de sus cuencas altas situadas en el interior de la isla.

La densidad de depresiones en la llanura del sur es de 12-15/Km². La alimentación es alóctona y autóctona y la descarga se produce en numerosos manantiales submarinos de la plataforma insular, condicionada por la estratificación monoclinial de buzamiento sur y por la fracturación de direcciones sureste y suroeste.

El drenaje de la capa de agua kárstica tiene lugar hasta niveles situados por debajo de la superficie marina debido a la presencia de cuevas y ríos subterráneos elaborados durante el abatimiento marino causado por los movimientos eustáticos y tectónicos del Pleistoceno. El nivel del agua subterránea bajo la llanura se encuentra entre unos 10 m y 50 m y existen acuíferos independientes o individuales a causa de dislocaciones de fracturas y combaduras locales del sustrato de rocas irregularmente permeable.

El movimiento del acuífero está controlado por elementos de la estratificación y las fracturas. En cada etapa de estabilidad eustática se desarrollaron sistemas de cuevas a distintos niveles, de diseño dendrítico o de planta circular y domiformes, donde se instalan ríos subterráneos que descargan en la franja palustre o en el mar. Estos niveles de cuevas se hallan conectados por cavidades verticales vadosas o gravitacionales y el nivel más alto de las cuevas está tan próximo a la superficie que sus bóvedas se desploman, creando campos de dolinas y cenotes.

El número de dolinas lacustres aumenta en dirección al mar debido a que el nivel de la capa subterránea y la superficie llana convergen en esa dirección.

Entre las cuevas más representativas de las condiciones señaladas se encuentran la cueva inundada de Juanelo Piedra, en el municipio de Quivicán; la cueva de Quintanal y

las cuevas Astón en el reparto de Las Cañas (Nuñez, A., 1967).

La fertilidad natural de los suelos ferralíticos rojos de esta unidad permite su uso agrícola para cultivos de vegetales comestibles y caña de azúcar. Su acuífero subterráneo se explota intensamente en la agricultura y para el servicio a la población, como en la Cuenca Sur, de unos 575 km², que aporta el 45%, del agua que consume La Habana.

La urbanización y el desarrollo económico de esta unidad entraña riesgos para su acuífero. La derivación de albañales y de aguas residuales agrícolas inmediatamente contaminan los acuíferos. Ha sucedido en internados escolares, centrales azucareros, empresas ganaderas –sobre todo porcinas– hacia las formas de absorción de los sistemas kársticos. Los desechos sólidos en las depresiones de la zona de recarga las sellan y provocan inundaciones.

La elevada densidad de dolinas de hundimiento, cenotes inundados y la cavernosidad cercana a la superficie, hacen a esta unidad muy vulnerable al peligro de hundimiento y baja resistencia a la presión de carga por efecto de la disolución en un medio de elevada fisuración.

Por todo ello es imprescindible el estudio preliminar geólogo-geomorfológico y la exploración geofísica a escala regional y detallada como premisa fundamental de la expansión urbana en la adecuación de los sistemas constructivos a las características del karst.

Todas las regiones karstificadas poseen elementos esenciales semejantes señalados al inicio de esta contribución. Las diferencias del karst entre las unidades geomórficas descritas se derivan del tipo de morfoestructura, la morfogénesis exógena y la edad del relieve, la circulación hidrogeológica y sus reservas acuíferas y la vulnerabilidad medioambiental. Las características particulares de cada región exigen también soluciones diferentes en el diseño del proyecto urbano y de la protección del medio ambiente.

REFERENCIAS

Acevedo, M. (1967): *Clasificación general y descripción del carso cubano*. Inst. Nac. Rec. Hidráulicos, Public. Especial N°. 4, La Habana.

Dapeña, C., Peralta, J.L., Castillo, R.G.; Bombuse, D.L.; Panarello, H. O.; Gómez, I.F y Molerio L. L. (2006): *Caracterización isotópica de la Cuenca kárstica Almendares – Vento, Cuba. Resultados preliminares*. Actas XI Cong. Geol. Chileno, Antofagasta.

Magaz, A. (2017): *Geomorfología de Cuba*. Amazon Books, Kindle editions. 377 pp.

Magaz, A., Cutié, F. (1996): *Space-time potential of natural dangers in Cuban cities*. Cuban contribution to the UGI Commissions and Study Groups on the 28th International Geographical Congress. Cuban Nat. Committee of the UGI, La Habana pp 140-144.

Magaz, A.R. y Portela, A. H. (2016): *Terrazas lacustres y formación de la laguna de Ariguanabo*. Rev. Cuba Geográfica. Vol. I, número 2, Enero-Junio, págs. 1-5.


Molerio-León, L.F. (2017): *Subsistencia inducida por relleno artificial de cavernas: La cueva de los camarones, Habana del Este, Cuba*. Argentina Subterránea, Año 17, N°42, Oct. 2017., pp 23-35, www.fade.org.ar

Nuñez, J.A. (1967): *Clasificación genética de las cuevas de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. 224 pp.

Nuñez, A., Panos, V. y Stelcl, O. (1968): *Carsos de Cuba*. Rev. Serie Espeleológica y Carsológica No. 2. Academia de Ciencias de Cuba.

Portela, A., Barrios, F., Del Busto, R., San Martín, E., Magaz, A., Tejeda, M. Seco, R. (1988): *Mapa Geomorfológico de las provincias La Habana y Ciudad de La Habana 1: 250,000*. Ins. de Geografía, ICGC.

Rodríguez, R.J. y Magaz, G.A. (inedito): *Hundimientos sufosivos en el karst cubierto de la Ciudad de La Habana*. Archivo, Inst. de Geografía Tropical, MCTMA, Cuba, 12pp.



Los vientos son una fuente prometedora de energía, pero su asimilación es muy lenta, el potencial se ha exagerado y la cara negativa del aprovechamiento raramente se hace visible al juicio público

CUBA LOS VIENTOS Y EL FUTURO ENERGÉTICO

por Armando H. Portela

La independencia energética de Cuba es una asignatura pendiente. Es el talón de Aquiles del país, que con alianzas temporales ha perfilado su historia y su geografía desde el mismo inicio del siglo XX.

Hoy, de nuevo, se enfrenta un déficit de energía que incide en el desarrollo económico y demográfico, deprime el nivel de vida y enfría las intenciones de invertir en los sectores productivos o de servicios de la nación.

Hasta noviembre del 2017 hubo un déficit de 431,000 toneladas de petróleo importado y 38,000 toneladas de petróleo equivalente (petróleo y gas natural), según los datos ofrecidos por Ricardo Cabrisas, ministro de Economía y Planificación a la Asamblea Nacional en diciembre del 2017. Para el final del año, en números redondos el déficit puede haber llegado a medio millón de toneladas, el 5% de la disponibilidad de petróleo en años recientes. La perspectiva para 2018 no es más brillante.

Usualmente, cuando la disponibilidad energética se hace difícil, las miradas se vuelven a la prospección de

petróleo nacional y al desarrollo de energías alternativas, de las que Cuba parece tener un potencial alentador.

Irónicamente, gracias a la probable crisis, hoy se le presta más atención al potencial de generación de energía de la biomasa, la radiación solar, la energía hidroeléctrica y a la energía eólica. El interés no es nuevo, porque las fuentes alternativas han sido de uso común en el pasado, especialmente con el empleo a gran escala de biomasa en la industria azucarera o el uso común de los molinos de viento agrícolas para satisfacer necesidades locales, a veces familiares.

Pese a la necesidad latente, los avances en el desarrollo de las energías renovables son muy modestos. En la intervención mencionada al inicio, Cabrisas afirmó que el aporte de las energías de todas las fuentes renovables comunes en Cuba apenas representó el 4.25% de la producción total nacional de energía en el 2017, una proporción que se mantiene sin cambios desde hace alrededor de una década.

EL POTENCIAL EÓLICO

Especialistas cubanos, basados en los datos de la red de estaciones meteorológicas complementadas con algunas mediciones locales, identifican hasta 55 zonas favorables para la generación de energía eólica, la

Se estima que los vientos pueden tener capacidad para generar de 1 200 a 3 500 mW

mayoría a lo largo de la costa norte y noreste de la isla principal y de los cayos de Jardines del Rey. Los estimados del potencial de generación eléctrica a partir de los vientos son muy variables, dependen de la fuente que se consulte y se calculan de 1,200 mW hasta 3,500 mW, lo que equivaldría a toda la capacidad instalada hoy en las termoeléctricas del país (3,300 Mw).

Las cifras son excelentes y basados en ellas y en el aporte potencial de otras fuentes alternativas, los planes de desarrollo prevén que para el 2030 —escasamente en 12 años— la capacidad nacional de generación de energía de fuentes alternativas alcance el 24 por ciento de la generación total del país (Moreno, 2015).

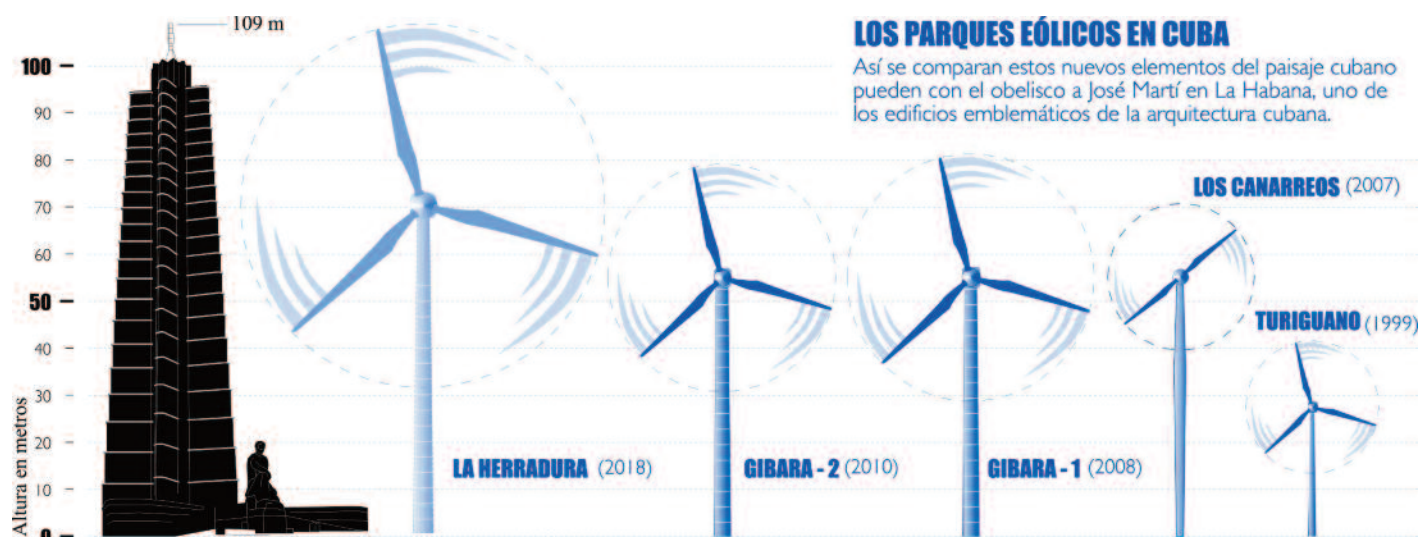
Sin embargo, en la realidad, el desarrollo es muy lento. Desde el 2010 no se inaugura ningún parque eólico nuevo y la inauguración de los que estaban programados —al menos cuatro—, se ha ido posponiendo por diferentes razones, probablemente la principal sea que cuando se dispone de un flujo de petróleo estable, el interés en el desarrollo urgente de las

energías alternativas se desvía a atender otros serios problemas.

Una evaluación del Departamento de Energía de Estados Unidos encontró que aproximadamente el 3.9 por ciento del territorio nacional, o 3,845 km² son aptos para el desarrollo de energía eólica (Heimiller, D. 2008) con vientos de clase 3 a 7 prevalentes a 50 m sobre la superficie. Las clases están relacionadas con la densidad del viento por metro cuadrado a 50 m de altura, con la clase 3 (vientos de 6.4 a 7.0 m/s) considerada moderada y cualquier clase superior a la clase 5 (velocidades de 7.5 a 8.0 m/s) excelente.

Sin embargo, según el trabajo de Heimiller, casi toda la costa sur del territorio cubano se clasifica en la clase 2, con una perspectiva “marginal” como fuente de energía eólica, mientras que las mejores zonas —las situadas a lo largo de la costa norte— están en la clase 3, cuyo potencial se estima como “moderado”. La evaluación muestra que cualquier valor estimado superior a la clase 3 es muy local y poco frecuente en el territorio de Cuba.

Otras estimaciones de fuentes cubanas mencionan un área de 500 km² con un potencial de recursos eólicos de bueno a excelente, pero no ofrecen detalles de qué significan esas categorías.



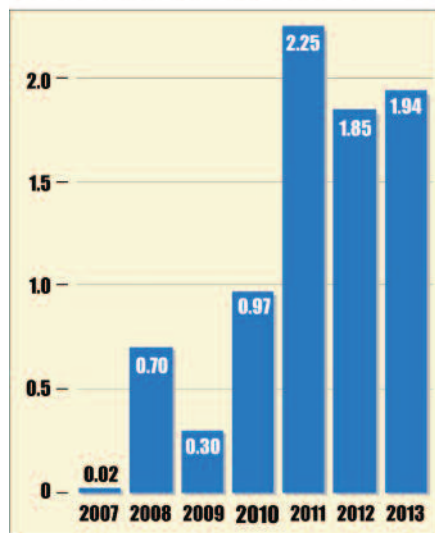
ENERGÍA EÓLICA



La costa norte—sobre todo desde Villa Clara hasta Guantánamo—tiene el mayor potencial para la generación de energía con fuentes eólicas. Tropieza sin embargo con la distancia a la red nacional de transmisión eléctrica y a los centros urbanos e industriales.

GENERACIÓN EN PARQUES EÓLICOS

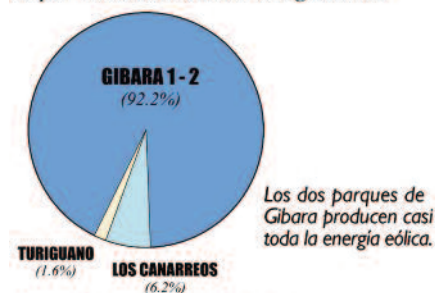
En miles de toneladas de petróleo equivalente



El peso de la generación de energía eólica es aún insignificante en el balance nacional. Medido en petróleo equivalente, los cuatro parques eólicos ahorran como promedio 2011 toneladas anuales de combustible, o el 0.04% de todo el petróleo crudo que consume el país en un año.

POTENCIA GENERADA EN PARQUES EÓLICOS

En por ciento del total de energía eólica



Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas

Nombre	Año	Turbinas	Fabricante	Modelo	Capacidad (kW)	Entrega (gW)
1 La Herradura		34	Goldwind (China)	GW77/1500	1,500	51.0
2 Gibara - 2	2010	6	Goldwind (China)	GW50/750	750	4.50
3 Gibara - 1	2008	6	Gamesa (Spain)	G52/850	850	5.10
4 Los Canarreos	2007	6	Vergnet (France)	GEV-MP275	275	1.65
5 Turiguanó	1999	2	Alstom (France)	Ecotec28	225	0.45

LOS DESAFÍOS

En Cuba, la conversión de la energía del viento en electricidad enfrenta varios problemas.

Los vientos alisios

La variabilidad de los alisios, que pueden sentirse prácticamente en toda Cuba, es un desafío para el desarrollo efectivo de la energía eólica, ya que la generación y el consumo deben estar estrechamente sincronizados para mantener la estabilidad del suministro.

Los alisios son muy variables durante el año, con dos máximos anuales, el primero entre abril y mayo y nuevamente entre octubre y noviembre. Durante el verano son débiles y a veces están ausentes. La intensidad de los alisios se incrementa con el calentamiento diurno en la costa norte y tienden a disiparse en la tarde y la noche, cuando el consumo eléctrico aumenta. La intensidad y constancia de los alisios está

también influenciada por la topografía local y las situaciones sinópticas que se superponen.

Esta inconstancia de los vientos principales aumenta los costos de regulación y afecta la confiabilidad operacional para propósitos de generación eléctrica. En la práctica, la generación eléctrica a partir del viento debe contar con el respaldo permanente de unidades térmicas generadoras estables y confiables. Esto aumenta el costo de operación real de los parques eólicos.

La inversión

Uno de los obstáculos principales para el desarrollo de parques eólicos es económico. Los costos de inversión fluctúan de \$16 a \$16.8 millones de dólares por parque eólico que tenga una modesta potencia de 11.5 a 12 mW (Ávila, D. 2010). Para los parques eólicos que operan en Cuba—excluyendo el parque experimental de Turiguanó—la inversión inicial fue de \$1,000 a \$1,400 por kW/h.

CANARREOS, I. de la Juventud



GIBARA Y LOS CANARREOS, LA PRIMERA EXPERIENCIA

Los parques eólicos de Gibara (1 y 2) y de Los Canarreos producen el 98% de toda la energía generada por los vientos, o el 0.4% de toda la energía eléctrica que se genera en el país en años recientes.

Los costos de producción promedian 5.25 centavos por kW, bien por debajo del promedio de 21.1 ¢/kW que cuesta la energía de las plantas térmicas. La comparación es muy favorable a la energía eólica, sin embargo, estos parques "evidenciaron insuficiencias que lastran su rendimiento energético, disponibilidad técnica y fiabilidad operacional, lo que encarece su mantenimiento y operación", afirmó Aleisly Valdés Viera, director de Energías Renovables de la Unión Eléctrica de Cuba.

Además, la instalación es costosa, la distancia a los centros urbanos e industriales y a las líneas de transmisión importantes es grande y la amortización de la inversión supera los 10 años. Estos problemas frenan la extensión de la experiencia de los parques pioneros.



GIBARA 1 y 2, Holguín



El subsidio a la electricidad

En el trabajo *La transición energética en Cuba*, el Dr. Conrado Moreno, del Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables del ISPJAE señala que es imprescindible "eliminar paulatinamente los subsidios a la producción de energía con combustibles fósiles; introducir en los análisis de factibilidad los costos externos; ofrecer a los inversionistas nacionales y extranjeros beneficios claros, definidos y seguros".

El estado cubano paga a los consumidores domésticos hasta el 96 por ciento del precio de la electricidad (\$0.008 a \$0.04 por kW para consumidores domésticos, con un costo de generación de \$0.211 por kW/h). Eso hace lentísima la recuperación de las inversiones en el sector de la energía, y la eólica no es la excepción.

El costo de la inversión en un parque eólico puede ser compensado en 10 a 18 años, con un precio establecido en \$0.04 a \$0.06 por kW/h (hasta 5 veces por encima del precio básico a los consumidores), afirman Deivis Ávila y coautores en el documento *Análisis económico de*

la energía eólica generada en Cuba

disponible en la internet. Otras fuentes estiman el tiempo de pago en 10 años o menos considerando los ahorros en el petróleo no usado para la generación de energía térmica. En cualquier caso, esos intervalos de tiempo son demasiado grandes para alentar las inversiones.

Otros factores que se añaden a la inversión inicial y a los costos operativos incluyen:

El costo de las líneas de transmisión necesarias para conectar los nuevos parques eólicos que están generalmente lejos de los centros económicos.

"Una revisión de las oportunidades del uso de la potencia eólica en nuestro país, muestra que las principales oportunidades están en los sitios donde no hay red eléctrica", (Marrero-2).

La afirmación es evidente y basta mirar al mapa donde se muestran los parques existentes y planeados y la red eléctrica nacional.

Las consideraciones ambientales, incluyendo el ruido, sobre todo para los centros turísticos y ur-

banos, la interferencia con los corredores de aves migratorias, la ubicación de los parques en zonas protegidas, el valor de la tierra usada, generalmente tierras altas costeras con vista al mar, que tienen un valor potencial muy alto para el desarrollo urbano y turístico futuro.

CONSIDERACIONES FINALES

Con 11.7 mW, la capacidad instalada de energía eólica representa actualmente el 0.35 por ciento de la capacidad de generación de energía de Cuba. En el 2018 debe entrar en funcionamiento un nuevo parque eólico, La Herradura-1, en la costa norte de Las Tunas, al este de Puerto Padre. Con una capacidad programada de 51 mW, este parque debe quintuplicar la capacidad actual de generación eólica. A La Herradura-1 seguirán otros proyectos, presumiblemente pronto, incluyendo La Herradura-2, en una ubicación contigua, Gibara-3, Cabo Lucrecia, Punta Mulas y cuatro parques en Maisí, todos contratados con inversionistas extranjeros. Otros siete proyectos están ofrecidos a licitación en la costa de Ciego de Ávila a Guantánamo.

REFERENCIAS

Heimiller, D. (2008), *Cuba - 50m Wind Power*, Laboratorio Nacional de Energía Renovable, Departamento de Energía de Estados Unidos

Ávila D.; Alesanco R.; García, F. (2010), *Coste del kWh eólico generado en Cuba, a partir de datos de viento de una región de buenos potenciales eólicos*. Ingeniería Mecánica v.13 n.3 La Habana sep.-dic.2010 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_art-text&pid=S1815-59442010000300006#t5

Moreno, C. (sin fecha, aprox. 2002)

La transición energética en Cuba www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia70/HTML/Articulo04.htm

Moreno, C.; Leyva G.; Matos L. (sin fecha, aprox. 2002) *Estado actual y desarrollo de la energía eólica en Cuba* <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar02/HTML/Articulo01.htm>.

López A. (1989) *Distribución distrital del Endemismo*. Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Flora y Vegetación, X.2.2.8



LA HERRADURA -1, el costo ambiental del 0.8 por ciento de la energía del país

Cuando arranque en el verano del 2018, Herradura-1 será el parque eólico más grande del país. Su capacidad de generación de 51 mW será cuatro veces mayor que la capacidad sumada de los cuatro parques existentes. Aún así es muy poco, representa apenas el 0.8 por ciento de la capacidad de generación combinada de todas las fuentes energéticas instaladas en Cuba.

Pero en un país donde la energía es un problema crónico, es difícil argumentar contra cualquier esfuerzo por conseguirla, más aún si la fuente es gratis, segura e independiente, como el viento.

La decisión está tomada y el parque casi hecho, pero de todas formas, conviene estar al tanto de qué puede estar en peligro y reflexionar sobre si es conveniente sacrificar valores naturales por tan escaso beneficio.

Herradura-1, cuya primera etapa de construcción se ve en la imagen espacial del 6 de agosto del 2015, está

situada en una franja de bosques xeromorfos costeros con alto endemismo y buen grado de conservación.

La sucinta lista de especies endémicas que acompaña al mapa *Algunas especies de interés botánico* del Nuevo Atlas Nacional (1989) menciona al *Dendrocerus nudiflorus* (aguacate cimarrón), la cactácea arborecente amenazada, de número decreciente y baja reproducción, como el endémico más importante en el distrito de los bosques xeromorfos litorales del norte de Cuba. No es la única, puede haber otros 15 a 25 endémicos más en el distrito (López A., 1989) aunque no necesariamente en ese lugar.

Estos bosques están también habitados por una fauna diversa, abundante en endémicos cubanos, incluyendo reptiles, moluscos terrestres, aves y mamíferos.

La pregunta no se hace pero es evidente, ¿vale la pena invadir este nicho para producir tan poca energía?



El manejo del agua

por José L. Batista

Cuba aprovecha apenas el 40 por ciento del agua disponible para suplir la demanda. Es un volumen relativamente bajo. Si se consideran las pérdidas de agua antes de alcanzar su destino, la cifra cae al 35.7 por ciento, casi la tercera parte de lo que puede usar. Hay una reserva importante de agua para dar un servicio sostenible y de calidad, para mejorar el nivel de vida y garantizar el desarrollo de la economía a cualquier plazo.

La calidad de las aguas residuales que retornan al medio puede afectar las reservas y reducirlas. Su volumen es elevado y su tratamiento insuficiente.

En los últimos años, los medios de información dan cobertura a la escasez del agua potable, e incluso, llegan a pronosticar futuros conflictos por su control.



■ Aliviadero del embalse de Buey Arriba, en la vertiente norte de la Sierra Maestra. Foto tomada de Wikimedia Commons.

Para lidiar con la crisis se han propuesto algunas vías, por ejemplo, se han creado los conceptos de “agua virtual” y “huella hídrica”, que según ciertos especialistas, ayudarían a un mejor manejo del recurso, sea a nivel local, regional o nacional.

Al margen de la forma en que se extraiga el agua de las fuentes, es obligado tener presente los problemas de la contaminación de las aguas, producida por parte de sus propios usuarios, sean estos la población, la industria, el regadío y otros, es decir, mientras más desarrollo, mayor es la contaminación de las aguas, por tanto, no solo es

importante la exportación e importación del agua virtual, sino que también cuenta la contaminación durante su uso.

La contaminación de corrientes fluviales, lagunas y del mar por vertimientos residuales de todo tipo reduce la disponibilidad de agua potable, por tanto, introducir conceptos novedosos es preocupación de los científicos, empresarios y en general todos los interesados en proteger los ya escasos recursos hídricos, evitando todo tipo de vertimiento a los acuatorios.

En condiciones insulares podría presentarse la “contaminación salina”, producida por la extracción

sin control del agua de los acuíferos que conlleva a la contaminación, en la mayoría de los casos de manera irreversible. En Cuba se mantiene un estricto control de la extracción de agua subterránea en la zona costera sur de la provincia de Mayabeque y en el sur de Pinar del Río, por ejemplo, donde el agua del mar y los acuíferos costeros mantienen en un equilibrio natural, pero cuando la extracción de agua subterránea excede la recarga de los acuíferos se abren las puertas a la intrusión salina, es decir, a la contaminación del agua dulce por la salada.

Otro de los problemas comparables con la cantidad de agua virtual,

son las pérdidas durante la distribución en la red de acueductos y otros manejos del agua. En Cuba, las pérdidas de agua después de extraída de la fuente, superan el 50 por ciento. El control de este problema exige un trabajo permanente.

Por tanto, aunque positivas, las ideas de “agua virtual” y “huella hídrica”, para las características de países con escasos recursos hídricos y económicos, es realmente una solución virtual. Por esta razón, el objetivo es mostrar el “Manejo del agua en Cuba” y llamar la atención sobre la necesidad de utilizar racionalmente los recursos hídricos, evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, no verter residuales domésticos ni industriales y pasar a la etapa de reutilización del agua y al concepto de “producción limpia”, en dependencia de las posibilidades del país.

MANEJO DEL AGUA EN CUBA

El ordenamiento secuencial del esquema “Manejo del agua en Cuba” se ha hecho a partir del procesamiento hidrológico de 628 cuencas hidrográficas y la determinación de los volúmenes de las componentes superficial (S) y subterránea (U) del escurrimiento fluvial (R), utilizando la información disponible, sumados al volumen de agua contenido en los acuíferos.

“El volumen total de recursos hídricos es aproximadamente 32,000 hm³, cifra que podría servir como orientación para futuras evaluaciones” (Batista, 2017).

Los recursos hídricos aprovechables se calculan —para este esquema del Manejo del Agua en Cuba— considerando el escurrimiento fluvial (R) y el agua subterránea. No obstante, la capacidad de embalse, con cierre 31 de diciembre del 2015, era de 9 148.6 millones de m³, en

Tabla 1. Cantidad y capacidad de presas en explotación (a)

	Cantidad	MMm ³
Pinar del Río	24	779.8
Artemisa	14	269.8
La Habana	15	157.3
Mayabeque	8	293.7
Matanzas	9	183.5
Villa Clara	12	1 012.3
Cienfuegos	6	326.8
Sancti Spíritus	9	1 292.8
Ciego de Ávila	6	149.1
Camagüey	53	1 208.8
Las Tunas	23	350.9
Holguín	21	918.6
Granma	11	940.6
Santiago de Cuba	11	690.3
Guantánamo	6	344.4
Isla de la Juventud	14	229.9
Cuba	242	9 148.6

(a) Embalses con capacidad de proyecto superior a 3 millones m³

31 925 hm³
disponibles
18 820 hm³
aprovechables
7 280 hm³
utilizados

242 presas (ONEI, 2016), (Tabla 1).

La extracción de los recursos hídricos aprovechables, es decir, el escurrimiento fluvial (R=S+U) tiene limitaciones. Del total del escurrimiento fluvial puede utilizarse aproximadamente el 65 por ciento (16 560 hm³) por medio de tomas directas de agua, por canales derivadores, etc.

Por su parte, gracias a su calidad, el agua subterránea es el recurso hídrico máspreciado y por lo general se utiliza para abastecer a la población. Su escurrimiento es estable y casi siempre se encuentra disponible, si no se excede la norma de ex-

tracción de los acuíferos. Esto es importante para las condiciones de países insulares, debido a los procesos de intrusión salina que podrían surgir cuando se rompe el estado hidrostático entre el agua del mar y la subterránea. En el esquema, se ha asumido 35 por ciento del total de agua subterránea (acuíferos) para la entrega desde esta fuente (2 260 hm³ de agua).

De esta forma, el volumen de recursos hídricos aprovechables para todos los usos es igual a 18 820 hm³, o 59 por ciento del total de recursos hídricos disponibles (31 925 hm³).

En cuanto a los principales consumidores del agua, se han consultado varias publicaciones, pero se emplean los últimos datos publicados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en su sitio web (www.hidro.cu), correspondientes al 2007, para tener idea de las cifras presentadas y calcular los valores a incluir en el esquema. Otras publicaciones ofrecen datos discordantes y expresados en porcentajes, lo que complica calcular el volumen real.

Según esa fuente, los usuarios utilizan los siguientes volúmenes de agua (expresados en hectómetros cúbicos):

Población y Turismo	1 700
Riego	3 800
Industria y otros	800
Subtotal	6 300
Gasto ecológico y Pérdidas	980
Total	7 280

Los usuarios se han resumido en tres, al agruparse la población con el turismo, considerando el incremento de la demanda de agua de este sector en los últimos años.

Más de la mitad del agua utilizada por la población y por el turismo (el 60 por ciento), proviene de fuentes subterráneas (1 020 hm³), el resto se toma directamente de fuentes super-

Tabla 2. Manejo del agua utilizada por sectores En hm^3

Usuario	Utilizada	Residual	Gasto sin retorno
Población y turismo	1 700	1 360	340
Riego	3 800	1 330	2 470
Industria y otros	800	160	640
Gasto ecológico y Pérdidas	980	—	980
Total	7 280	2 850	4 430

ficiales y de embalses (680 hm^3).

El 40 por ciento del agua que se entrega a la población y el turismo proviene de fuentes superficiales, por ende, un tratamiento que garantice su calidad es esencial.

El riego consume la mayor parte del agua que se entrega en el país. Alcanza los $3 800 \text{ hm}^3$. De esa cantidad, las fuentes superficiales aportan $2 660 \text{ hm}^3$, o el 70 por ciento, mientras que el 30 por ciento restante, o $1 140 \text{ hm}^3$, se extrae de los

acuíferos subterráneos.

El usuario llamado “otros” en “Usos del Agua 2007” del INRH (www.hidro.cu), se ha unido con “Industria”. Entre ambos consumen unos 800 hm^3 . El 77 por ciento de esta cantidad, o 616 hm^3 , proviene de fuentes superficiales, mientras que el 23 por ciento restante, equivalentes a 184 hm^3 , de los acuíferos.

Un volumen de 410 hm^3 de agua se destina al llamado “Gasto sanitario” o “Gasto ecológico”, mien-

tras que las “Pérdidas” durante la conducción entre las fuentes y los usuarios se estiman en 570 hm^3 , en la publicación del INRH.

El aprovechamiento del volumen total de agua disponible es bajo. Se utilizan en total $7 280 \text{ hm}^3$, una cantidad equivalente al 38.7 por ciento de los $18 820 \text{ hm}^3$ aprovechables.

Cada usuario vierte aguas residuales al medio, usualmente a corrientes naturales superficiales, a depresiones cársticas o directamente al mar –gran parte sin tratamiento.

Una parte del gasto de agua se reincorpora al ciclo hidrológico, el llamado “gasto sin retorno”.

Cerca del 5 por ciento del agua residual va directamente al mar, contaminando las zonas costeras. Este volumen no está incluido en el esquema. El volumen de aguas residuales representa más del 30 por ciento del agua embalsada en el país, esto significa que deben aplicarse medidas de control para lograr mayor eficiencia en su uso y destino, con el fin de mantener la cantidad y calidad en el servicio, de modo que la escasez no se convierta en un freno para el desarrollo.

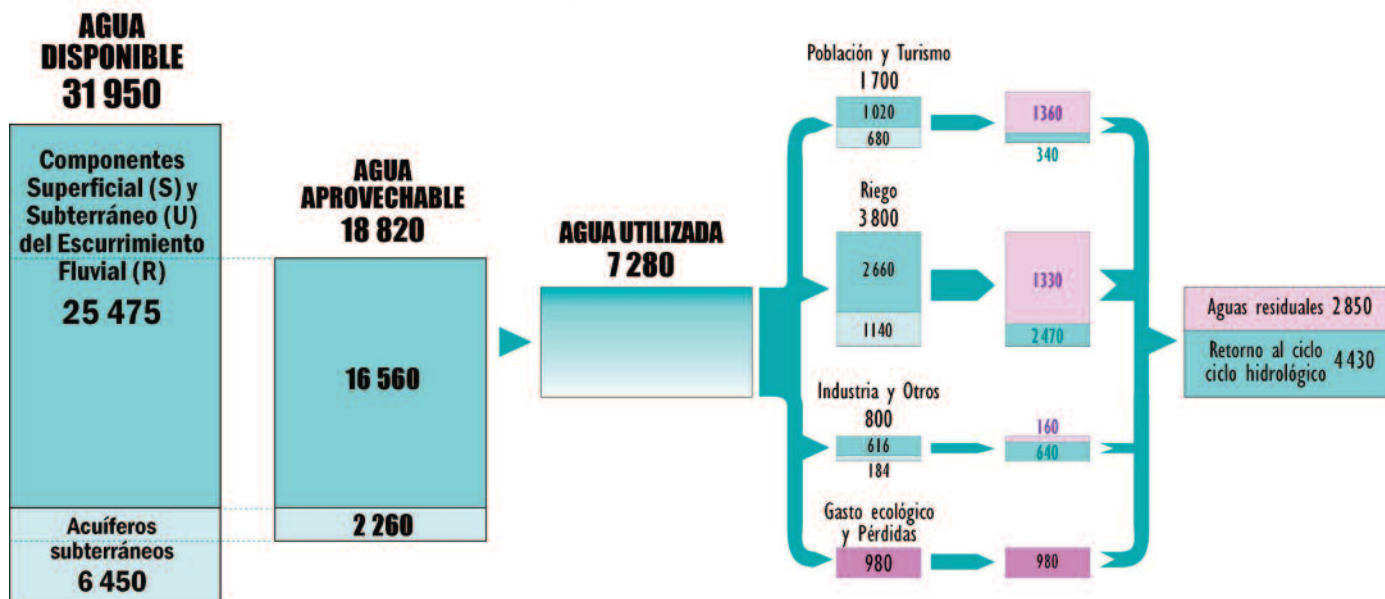
REFERENCIAS

Batista Silva, J. L. (2017); *Evaluación de los recursos hídricos de Cuba*, Revista Geográfica 157, enero-diciembre 2016, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, pp. 73-83.

ONEI (2016): *Anuario estadístico de Cuba, Edición 2015*.

Dorticós del Río, P. L. et al., (2012): *Recursos hídricos de Cuba: una visión*, en Diagnóstico del agua en las Américas. Red Interamericana de Acad. de Ciencias. Foro Consultivo Cient. y Tecnológico, AC, pp. 245-265.

BALANCE HÍDRICO En hectómetros cúbicos por año



FINKO

Elizaveta Aleksandrovna

La opinión disidente



E.A. FINKO (1929-2007). Retrato de inicios de los años 1950.

¿ Por qué hacer una reseña de una figura poco conocida y de escasa trascendencia para la geografía de Cuba?

Hay una razón muy importante.

Lo que hizo Elizaveta A. Finko en sus tres expediciones a Cuba (1970, 1973 y 1974) nunca se publicó, quedó archivado en el Instituto de Geografía como una “maqueta de autor”, en unas carpetas y libretas de campo con abundantes datos sobre sus recorridos por Cuba central. En ellos encontró y describió minuciosamente lo que ella consideraba como pruebas de que el relieve de la isla había evolucionado de modo diferenciado, al menos en los territorios de Las Villas y Camagüey. En su opinión, las superficies de nivelación de esos bloques compartían la génesis y la edad, pero se habían dislocado –a lo largo de la falla diagonal de La Trocha– después de su formación, y hoy las separa un escalón de unos 60 m de desnivel.

El razonamiento estaba basado en su particular análisis de valles enterrados descubiertos en perforaciones hechas entonces para construir obras hidráulicas en los ríos Zaza, San Pedro, Najasa, Jobabo y otros. Creía que estos valles revelaban una historia de ascenso oscilatorio desde el Pleistoceno temprano en el territorio de

Camagüey, mientras que en Las Villas la evolución del relieve había ocurrido con una tendencia al levantamiento continuo.

La posición de Finko chocaba de frente con el modelo de datación altitudinal propuesto por D.A. Lilienberg en 1970, que partía de considerar a la isla como una pieza estable en la etapa de formación del relieve, donde las superficies ubicadas a la misma altura se formaron en el mismo momento –sin importar en qué lugar de Cuba se encuentren– y las morfoestructuras se activaron a la vez, con la misma amplitud y sentido.

Hace medio siglo había pocos elementos para resolver el problema de la edad de formación del relieve. Finko empezó a hallar pistas y las interpretó a su manera. Sin embargo, hoy sabemos que el modelo altitudinal falla en algunos lugares, como en Oriente o el norte de Cuba central, y también que en todas partes aparecen esculturas relictas por debajo del nivel de base, sean valles enterrados, cuevas inundadas, terrazas abrasivas y cauces fluviales sumergidos.

En todo caso, a Finko no se le debió silenciar. La disensión y la diversidad enriquecen, porque a su amparo se expande el conocimiento y se generan soluciones más confiables.

Y esa es la gran razón para recordarla.

LA NEOTECTÓNICA CUENTA: EL CRITERIO ALTERNATIVO DE FINKO

por Antonio R. Magaz

La primera disensión del modelo altitudinal propuesto por Lilienberg apareció temprano.

Entre 1970 y 1974 Elizaveta A. Finko elaboró una hipótesis alternativa para tratar el problema de la edad – y por ende de la dinámica evolutiva del relieve cubano

Su trabajo lo realizó cuando el criterio hipsométrico de datación del relieve creado por D. A. Lilienberg era dominante. Curiosamente lo hizo junto al propio Lilienberg, o más preciso, bajo su dirección, cuando llegaron en 1970 para la primera expedición del frustrado Mapa Geomorfológico de Cuba a escala 1:500 000.

La isla fue dividida en tres regiones según las seis provincias antiguas. Lilienberg debía levantar el mapa en Pinar del Río, La Habana y Matanzas, mientras que Finko tendría a su cargo el territorio de Las Villas y Camagüey, y Oriente quedaba en las manos de Vasily M. Muratov, un conocido geomorfólogo ruso fallecido prematuramente en 1986.

Los trabajos se prolongaron cinco años, en los que hubo al menos tres grandes expediciones. Sin embargo, no produjeron lo buscado, solo una única maqueta preliminar acompañada por perfiles y secciones transversales, un extenso reporte de investigación y varias publicaciones en ruso, todo obra de la intensa labor de Finko en Cuba central.

El resultado de Finko, que contrastó con la sequía de sus colegas, se debió a “...sus excepcionales dotes de organización, entusiasmo y enfoque creativo en el trabajo”, virtudes que describe Dolores S. Asoyan en una reseña inédita sobre la vida y la obra de la geo-

13.	Геоморфология Центральной Кубы (пров. Лас-Виллас)	рукоп.	Отчет о полевых работах 1970г.	1972г.	2.0	при участии Л. Бюска и А. Родри.
14.	О результатах геоморфологических исследований Центральной Кубы	рукоп.	Текст доклада на научной конференции Ревдн ит АН Кубы	1973г.	1.0	—
15.	Геоморфологическая карта Центральной Кубы в м-бе 1:500 000	рукоп. красоч.	Авторский макет. Ревдн ит АН СССР	1975г.	—	—

Detalle del expediente científico de E.A. Finko, con una relación de sus manuscritos:

13. *Geomorfología de Cuba Central (prov. Las Villas)* - Informe de los trabajos de campo de 1970, 1972. Con participación de L. Biosca y A. Rodri.
14. *Sobre los resultados de las investigaciones geomorfológicas de Cuba Central.* Texto del informe a la conferencia científica. Fondos del IG ACCuba. 1973
15. *Mapa Geomorfológico de Cuba Central a escala 1:500 000 (en colores)* - Maqueta de autor. Fondo del IG ACURSSS 1975.

Aún en el caso de que la hipótesis de Finko no llevara a la solución del problema de la edad de formación del relieve, su experiencia debió darse a conocer

morfóloga rusa [1].

Más adelante, en una segunda opinión, Asoyan agrega otros rasgos que definieron su carácter: “*seriedad y responsabilidad, alta capacidad de trabajo, independencia creativa, entrega y amplia erudición*”.

Pero ocurrió algo inesperado. Con el argumento de que sus resultados estaban errados, el trabajo de Finko en Cuba se suspendió, y la maqueta, el abarcador reporte y los numerosos

datos que recopiló fueron retenidos. Los dos ejemplares preparados quedaron en los archivos de los institutos de Cuba y de Moscú donde escasamente se han consultado alguna vez. Nunca se publicaron sus resultados, salvo en un artículo breve en ruso de poca divulgación [2].

Aún en el caso de que la hipótesis de Finko no condujera a la solución del problema de la edad de formación del relieve, su experiencia debió darse a conocer. No hay razón enteramente convincente para sustraer del debate académico la opinión de un especialista, cuando esta se fundamenta en un importante cúmulo de información y en costosos años de trabajo.

En la ciencia, como en otras formas de la razón, disentir es común y es también necesario. El error –en caso de que ese fuera el saldo de lo defendido por Finko– es parte del camino y debe estar bien visible.

Suprimir la disensión crea una falsa y efímera atmósfera de consenso que retrasa la búsqueda de caminos y empaña el legado de un especialista y de una época.

[1] **Asoyan, D.S.** *Elizaveta Aleksandrovna Finko, 1929-2007*. Archivo del Instituto de Geografía, Acad. Cienc. Rusia, Moscú, 2013, en ruso.

[2] **Finko, E.A.**, *Niveles geomorfológicos y particularidades morfoestructurales de la provincia de Las Villas*. 1974. En *Geomorfologia Zarubezhnikh Stran*, Moscú, Ed. Nauka, pp. 142-150, en ruso.

ESENCIA DE LA POSICION DE FINKO

A través del análisis y la interpretación geomorfológica de numerosas perforaciones someras realizadas en las antiguas provincias centrales de Cuba, Finko descubrió que los valles enterrados y modernos del bloque horst camagüeyano tenían grandes diferencias con la escultura fluvial del bloque Las Villas, lo cual reflejaba un cambio notable en la curva oscilatoria ascensional de dichas neoestructuras. Las etapas sucesivas de corte erosivo y de acumulación sedimentaria, típicas en Camagüey, distaban de los valles

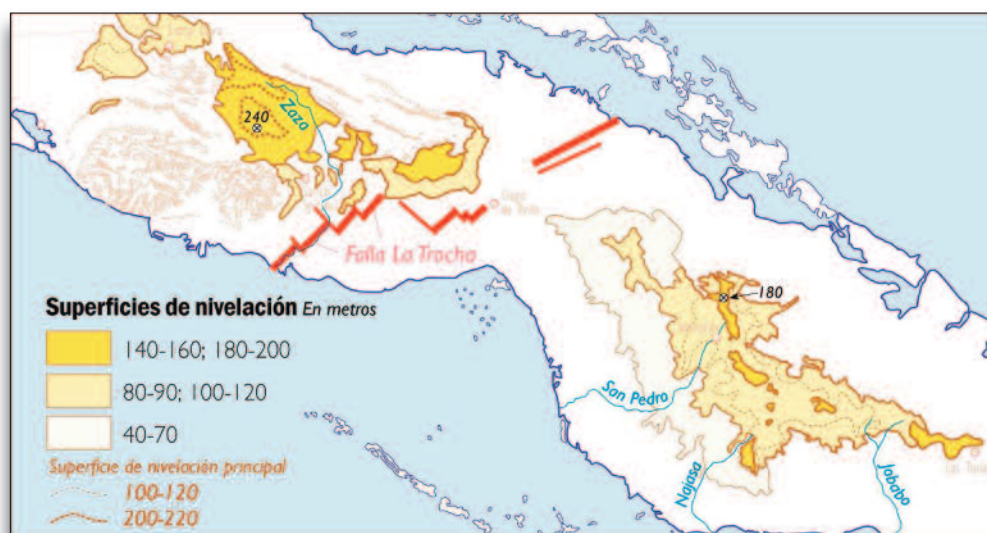
excavados en el zócalo de rocas de Las Villas. Este último territorio se había levantado casi ininterrumpidamente y con mayor amplitud.

Por otra parte, a través del estudio de los sedimentos pleistocénicos pudo identificar la existencia de facies clásticas constituidas por arenas y gravas infrayacentes a suelos rojos de las formaciones geológicas que hoy se conocen en toda la zona central con los nombres de Guevara (Pleistoceno inferior y medio) y Villa Roja (Pleistoceno superior parte alta). Así pudo estimar una edad idéntica para las su-

perficie denudativas y marinas de ambos bloques, que poseen alturas diferentes.

Ello le permitió cartografiar por vez primera (en su maqueta geomorfológica a escala 1:500 000) superficies de igual edad ubicadas a distintas alturas en los bloques de Las Villas y Camagüey separados por la falla La Trocha.

La original interpretación de Finko rompió con el criterio hipsométrico de fechado del relieve propuesto por D. A. Lilienberg en 1970 que recién había salido a la luz en el primer Atlas Nacional de Cuba.



Las Villas y Camagüey

Las superficies de nivelación en los bloques de Las Villas y Camagüey son de distinta altura. En la primera, predominan superficies de zócalo de hasta 240 m de altura, mientras en Camagüey solo llegan a unos 180 m. Finko consideró que los bloques tuvieron una dinámica diferenciada a través de la Falla La Trocha después del Mioceno superior, y que las superficies en ellos son de igual edad aunque su altura sea diferente.

LA POSICIÓN DE LILIENBERG: LA ALTURA DETERMINA LA EDAD DEL RELIEVE

Dmitri A. Lilienberg encaró muchos problemas cuando le propusieron hacer el primer mapa geomorfológico de Cuba en la década de 1960.

Formado en la escuela soviética de geomorfología —que vivió su momento cumbre a mediados del siglo pasado—, debía clasificar el relieve atendiendo a su génesis, su morfología y su edad de formación. Para hacerlo, sin embargo, carecía de ciertos datos esenciales.

El Cuaternario cubano estaba escasamente estudiado. La geología de esa época, orientada a la prospección de minerales y petróleo, agotaba su interés en el Neógeno, justamente en la época en que comienza a conformarse relieve cubano. Para entonces tampoco se habían elaborado las nociones básicas de neotectónica que hoy consideramos casi triviales. Los conceptos de morfoestructuras y morfoesculturas, nacidos décadas antes en la Rusia soviética eran desconocidos en Cuba.

Además, como repetía incesantemente la Dra. Sara E. Isalgú, Cuba es una “isla desnuda”, un hecho que sor-

prendió a Lilienberg desde el momento de su llegada. A diferencia de otras zonas orogénicas del mundo, en Cuba no había sedimentos recientes que ayudaran en la datación de las superficies. En esa época, la paleontología del Cuaternario daba sus primeros pasos, dejando grandes lagunas, los sedimentos de las cuevas solo empezaban a conocerse, las cortezas de intemperismo y los depósitos marinos y fluvio-marinos más recientes aún no habían sido estudiados, y su datación, por muchos años, siguió siendo una de las polémicas más candentes de la geología.

Lilienberg tuvo que tomar sus decisiones enfrentando un cúmulo de problemas para poder cartografiar —y clasificar— el relieve de la isla. Estos problemas incluían: la existencia de etapas alternas de tectogénesis y planación, el predominio del relieve denudacional sobre las formas acumulativas, la existencia de superficies de planación desnudas elaboradas sobre rocas antiguas, la escasez de fósiles en depósitos friables y el pobre fechado de los sedimentos de la etapa morfogénica cubana.

Optó entonces por un criterio hipsométrico para la datación del relieve. En sus primeras observaciones, a Lilienberg le pareció que las superficies de nivelación eran generalmente constantes, que había terrazas a una altura similar en cualquiera de las regiones geomorfológicas cubanas y que el espectro de esas terrazas, es decir, la sucesión de ellas en el terreno, era constante. Por lo tanto, vio posibilidades de que esos niveles se hubieran formado todos en el mismo momento. Por lógica, pensó que las superficies son más antiguas mientras más altas estén y que las más jóvenes son las más bajas y están en las costas y en los planos de inundación fluviales.

La edad del sistema de terrazas poligenéticas de Cuba fue establecida a partir de su correspondencia altimétrica con el sistema de terrazas de la periferia del Mar Mediterráneo y de la costa oeste de África, donde las superficies sí eran cronológicamente conocidas.

Para determinar las edades de las superficies más bajas, Lilienberg empleó el fechado de las turbas de la Península de Zapata a través del método del radiocarbono, mientras que para las superficies más elevadas, la edad se determinó gracias a los depósitos correlativos y a partir de la edad de las rocas donde quedaron elaboradas las superficies.

A partir de ello, Lilienberg consideró la edad de las superficies marinas y deltaicas como:

- Holoceno (2-3, 5-7 m),
- Pleistoceno tardío (10-12, 20-35 m)
- Pleistoceno medio (35-40, 55-60 y 75-80 m)
- Pleistoceno temprano (80-90 y 100-120 m).

Para las alturas y en algunos grupos montañosos, a los escalones de 150-170, 200-220, 250-270, 300-350, 400-450 y 550-600 m, les asignó edades dentro del Plioceno y para los más elevados dentro de los sistemas montañosos, consideró edades que oscilan entre el Mioceno superior hasta el Plioceno antiguo.

Teniendo en cuenta el retardo de la acción erosiva a los cambios del nivel del mar, las terrazas fluviales presentan alturas relativas inferiores si se les compara con las terrazas marinas cronológicamente equivalentes. Así, basándose en las variaciones de los cursos inferiores de los valles, consideró la edad de las terrazas fluviales con relación al cauce como:

- Holoceno (1-2 y 3-4 m),
- Pleistoceno tardío (10-12 y 20-25 m)
- Pleistoceno medio (30-40, 45-50 y 60-65 m)
- Pleistoceno temprano (75-85 y 90-110 m).

EL FECHADO ALTITUDINAL FALLA

Veinte años mas tarde, en la década de 1980, algunas investigaciones geológicas y geomorfológicas demostraron, de modo indirecto y en lugares aislados, la insuficiencia del fechado altitudinal. Sin embargo, la falta de estudios obligó a seguir usando el criterio hipsométrico.

Los elementos de causa o procesos más importantes que se oponen a este esquema cronológico-evolutivo del relieve cubano son los siguientes:

- a) El fraccionamiento en bloques del territorio en unidades de dinámica diferenciada desde el Mioceno superior y durante el Plioceno y el Cuaternario;
- b) El eustatismo en el Pleistoceno.

Como consecuencias de la acción combinada de estos procesos cabe la posibilidad –al menos teórica– de que superficies más jóvenes puedan estar ubicadas a mayor altura que las más antiguas. Hay superficies basculadas; es también posible que haya superficies omitidas en algunos bloques y que superficies de igual edad estén cortadas y movidas tectónicamente a diferentes alturas.

Una de las pruebas de este último efecto son las superficies denudativas y marinas del Plioceno (talladas en rocas del Mioceno medio y superior), distribuidas por toda la isla de Cuba a diferente altura.

El criterio hipsométrico de Lilienberg soportó relativamente bien la prueba del tiempo, ayudado por la falta de un modelo alternativo integral que lo reemplazara, por la ausencia de dataciones más precisas para los sedimentos del Cuaternario y por la inexistencia de estudios correlativos en el Caribe. Pero para que sobreviviera sin desafíos fue determinante silenciar una hipótesis que desde temprano podía haberlo puesto a prueba.

Erigir un muro de autoridad en torno a una idea le confiere solo solidez temporal por la que deberá tarde o temprano someterse a prueba.

ALGUNOS DATOS BIOGRÁFICOS

Luego de 41 años como geomorfóloga y cartógrafa en el Instituto el Geografía de la Academia de Ciencias de la URSS y de Rusia, el currículum de Finko incluye trabajos que muestran la elevada confianza que mereció en su carrera y su capacidad como organizadora de grandes proyectos.

Finko, que comenzó especializándose en geodinámica reciente en polígonos geodinámicos del Pamir y el Tian-Shan, fue coordinadora del Mapa Geomorfológico de la URSS escala 1:2 500 000, una de las obras emblemáticas del Instituto.

A fines de la década de 1980 pasó al Departamento de Cartografía del Instituto para la preparación del Atlas de la Naturaleza y los Recursos de la Tierra (Viena, 1998), del cual fue secretaria científica y redactora.

Elizaveta Aleksandrovna Finko nació en Moscú en 1929 y falleció en esa ciudad a los 78 años, en el 2007.



La sede principal del Instituto de Geografía, en la región Zamoskvorechie del centro de Moscú, ocupa desde 1934 un modesto edificio del siglo XIX en la calle Staromonetnaya N°29, a unos 2.5 km de la Plaza Roja.

100 INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS RUSA años

En abril del 2018 el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Rusia cumple cien años.

Al menos cuatro generaciones de geógrafos ha pasado por la organización, un tiempo suficiente como para hacerlo teatro de la evolución de las ideas y los métodos de la Geografía moderna, dejando de paso una escuela nacional de investigación, originales contribuciones al estudio de los componentes del medio geográfico, métodos de investigación, polígonos de observaciones, miles de publicaciones y numerosos aportes fundamentales a la ciencia y la sociedad. Durante el siglo XX, el Instituto extendió su influencia y sus estudios bien lejos de las fronteras de Rusia: por Europa oriental, Asia, Latinoamérica, las regiones polares y los océanos. Llegó a ser parte del paquete de instituciones que modelaban la sociedad soviética en expansión global.

Sus raíces son anteriores a la Revolución de 1917. Se mezclan con las necesidades materiales que impuso la Primera Guerra Mundial y con la ebullición de la creatividad intelectual que se produjo al final del zarismo y el duro parto de la Rusia moderna.

El Instituto nació en San Peterburgo como una división de la llamada entonces “Comisión para el Estudio de las Fuerzas Productivas Naturales” (KEPS). Propuso crearlo el académico V.I. Vernadski desde 1915 –en plena Guerra

Mundial–, pero no fue hasta el 18 de abril de 1918 que se firmó el decreto de fundación, por una propuesta del geógrafo ruso A.A. Grigoriev –su primer director– y se organizó el Departamento de Estudios Geográfico-Industriales de Rusia, dirigido al estudio e inventario de los recursos naturales de la Rusia europea para ponerlos al servicio del desarrollo y de las necesidades militares.

“En términos de la historia geográfica institucional [ese Departamento] representa la manifestación más temprana de lo que sería el Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias soviética” [1].

El dato revela lo que tenían en mente sus fundadores en correspondencia con el rumbo que tomaba el país: la investigación del potencial de los recursos naturales y económicos y de sus interrelaciones para el servicio de una economía estatal centralizada.

A inicios de la década de 1920, comenzaron las primeras expediciones multidisciplinarias y en 1927 su nombre cambió al de Departamento de Geografía del KEPS.

En 1930 renace como Instituto de Geomorfología, con

[1] **Oldfield, Jon (2013)** *Russian Geography and the Comission for the Study of the Natural Productive Forces of Russia (KEPS), 1915-1930*, www.york.ac.uk/media/history/russianenvironment/solovki/Papers%20idfield%20.pdf

las investigaciones socioeconómicas fuera de su competencia. Cuatro años después muda su sede a Moscú, y se convierte en el Instituto de Geografía Física. Es en 1936 que toma el nombre actual de Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias (IGAN). A fines de los 80 e inicios de los 90 llegó a tener 700 empleados; hoy tiene la mitad de esa cifra.

La relación de los aportes del Instituto es extensísima, es fundamental y se puede hallar en muchas fuentes, algunas de ellas son voluminosas monografías, ensayos y memorias de los actores de distintas épocas.

Entre sus contribuciones recientes el propio IGAN enumera la creación de atlas temáticos y de atlas geográficos globales, nacionales y regionales, la reconstrucción paleoclimática desde el Pleistoceno medio, definición de los cambios de la estructura territorial de la economía y la sociedad en Rusia, el desarrollo de SIG propios basados en la tecnología espacial rusa y otros.

Es menos tratada la historia de cuál fue la efectividad del Instituto en una atmósfera donde la mente estaba oscurecida por la ideología, que limitaba —o suprimía— el ámbito para el debate sincero de las decisiones que afectaban el manejo de los recursos naturales y el desarrollo, justamente las razones por las que fue creado en 1918 como un centro estatal de peritaje científico para el estudio de los recursos naturales y las fuerzas productivas. Si en sus primeros años el embrión del Instituto se creó como órgano para ser escuchado antes de tomar decisiones de gobierno, después de 1930 era él quien debía escuchar bien antes de dar un paso.

Sería conveniente saber cómo cuestionaba el Instituto los proyectos polémicos de transformación de la naturaleza, o los problemas del nivel de vida, la degradación de los geosistemas, la ineffectividad de la producción material, el estancamiento de las fuerzas productivas, la pérdida de población, la dependencia de la exportación de mate-



Foto tomada de internet

El salón de reuniones, escenario de consejos científicos, conferencias y defensas de tesis.

rias primas, los accidentes ambientales y otros problemas intrínsecos que aniquilaron a la sociedad soviética.

La desaparición de la URSS y del socialismo en 1991 cambió el teatro para el cual existía el IGAN. La economía y la toma de decisiones se descentralizaron, la planificación se suspendió, la estructura vertical de mandos se agrietó, el financiamiento estatal se redujo y se perdieron especialistas, sobre todo los más jóvenes.

El IGAN tuvo que adaptarse pronto y con no pocos sacrificios. Crearon nuevas direcciones, su estructura se consolidó, asimilaron nuevas tecnologías informáticas, ampliaron las relaciones internacionales, atraieron investigadores jóvenes y los hicieron partícipes de los dividendos del trabajo de investigación científica.

La geografía cubana, que se desarrolló al amparo del IGAN por más de tres décadas, puede buscar en su desarrollo reciente alguna experiencia útil para adaptarse a las reformas que se vienen proponiendo en el país.



Olga Solomina, la primera mujer en llevar las riendas

Desde el 2015 el Instituto de Geografía es dirigido por Olga Nikolaevna Solomina (21-XII-1956), doctora en Ciencias Geográficas (1997), miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de Rusia, glacióloga, paleoclimatóloga, especialista en las oscilaciones de los glaciares en el Holoceno, en datación de morrenas, reconstrucción de procesos catastróficos en montañas. Ha trabajado en todos los territorios montañosos de Rusia, en el Ártico, la Antártida y en la Llanura Rusa.

Solomina es autora de más de 150 trabajos científicos en su especiali-

dad y una figura influyente en sociedades científicas internacionales y rusas. Es vicepresidenta del Programa Internacional de la Geosfera y la Biosfera, vicepresidenta de la Asociación Internacional de Ciencias de la Criosfera, miembro de Comité Nacional de Rusia en la UGI y miembro del Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC), organización que en el 2007 recibió el Premio Nobel de la Paz junto al político estadounidense Albert Gore por su papel en evaluar el riesgo del cambio climático global provocado por factores tecnógenos.

Se puede leer una interesante entrevista a Olga Solomina sobre el calentamiento global en polit.ru/article/2014/interview_solomina2/

Coloquio

co-lo-quio

3. m. Reunión en que se convoca a un número limitado de personas para que debatan un problema, sin que necesariamente haya de recaer acuerdo.

Diccionario de la Real Academia Española

Manuel Acevedo, hablan sus colegas

CG, N°5 junio-diciembre 2017

Durante un viaje de trabajo agrícola a Isla de Pinos en 1965, cuando yo era estudiante del Preuniversitario de Marianao, coincidí por 15 días con el profesor Manuel Acevedo y con el espeleólogo y amigo Roberto Gutiérrez, quienes iban al frente de un grupo de alumnos de Ciudad Libertad.

Por dos semanas trabajamos juntos en el campo, limpiando potreros, y yo las aproveché para aprender mucho de Acevedo, quien nos explicaba la geografía pinera. Era en un área de alturas pizarrosas cubiertas por pinares que dominaban el paisaje y



Manuel Acevedo, izquierda, Gabriel Barceló, al centro, y Manuel Iturralde en Miami en 1995.

nos ofrecían amplias posibilidades para conversar sobre su geografía.

Al regreso ya éramos amigos, y esa amistad no la quebró nada hasta su muerte hace unos años.

Les agradezco que hayan publicado esta reseña de la vida y del magisterio de Acevedo y que hayan recogido algunas memorias de amigos y colegas, para que queden como una referencia de este geógrafo apasionado, personalidad descolante e insustituible amigo de muchas décadas.

Gabriel Barceló
Geofísico

Farallones de Moa, karst y tectónica en el norte de Oriente

CG, N°4 enero-junio 2017



Galería inundada de la cueva de Farallones de Moa.

Muchas gracias por reconocer al Grupo Humboldt del ISMM, que formamos en 1980 (no en 1970 como aparece en el artículo).

...sobre la geología, son calizas masivas, no mármoles.

Enrique Diego
Geofísico

Felicitaciones, un gran artículo.

[En la cueva de Farallones] pudimos identificar tres niveles. El más alto es discontinuo por los desplomes. El intermedio revela más de un episodio de inundación, el actual comprende otros dos niveles.

Rafael Coutín
Geólogo, fundador del Grupo Humboldt

Fracturas de distensión en las costas de Cuba

CG, N°3 junio-diciembre 2016



Un trabajo muy importante por sus implicación para los campos de petróleo en Mayabeque-Matanzas.

Les paso algunos datos nuevos:

- ☐ La cueva más profunda (en las cercanías de Bahía de Cochinos), es la Casimba de los Carboneros, en Playa Girón, con -82m.
- ☐ Entre las formaciones Jaimanitas y Vedado aparece un horizonte de moluscos con restos de corales de media y baja profundidad, que evidencian ascensos muy rápidos del fondo marino.
- ☐ Hay manifestaciones superficiales de hidrocarburos alrededor de Caleta Buena.

Evelio J. Balado,
Geólogo, hidrogeólogo

Escribanos a:

ahportela@yahoo.com

magazantonio@yahoo.com

o deje su opinión en el portal de internet de CubaGeográfica. Incluya, por favor, su nombre, dirección y su correo electrónico. Su mensaje puede ser editado para mayor claridad y para ajustarlo al espacio.

CALENDARIO DE EVENTOS

2ª CONFERENCIA INT. DE SOSTENIBILIDAD, GEOGRAFÍA HUMANA Y MEDIO AMBIENTE

Cracovia, 28 nov. al 2 dic., 2018

Director: Prof. Dr. Giuseppe T. Cirella
gt.cirella@polocentre.org

4ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INF. GEOGRÁFICA (GIS) Y TELEDETECCIÓN

Berlín, 27-28 septiembre, 2018

Tema: “*Cartografiando el futuro con GIS y los avances en Teledetección*”.

Organizadora: Dr. Marika Tatishvili,
Universidad Técnica de Georgia.
<https://gis-remotesensing.conferenceseries.com>.

CONFERENCIA INTERNACIONAL CENTENARIO DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, DE LA A.C. DE RUSIA

Moscú, del 27 al 29 de junio, 2016

Secretario: Dr. A.B. Sebestov,
igras100@igras.ru

LANDSCAPE 2018 – Frontiers of Agricultural Landscape

Berlín, del 12 al 16 de marzo, 2018

Contacto: Klaus Müller, presidente de
Cent. Invest. de Paisajes Agrícolas
kmuller@zalf.de – <http://www.land2018.eu>

I CONGRESO NACIONAL DE GEOGRAFÍA DEL ECUADOR

Quito, 15 al 17 de febrero 2018

congresogeografiaECU@gmail.com –
<http://congresonacionalagec.wordpress.com>

4ª CONF. INT. SOBRE REC. HÍDRICOS Y CALENTAMIENTO GLOBAL

Tulcea, Rumania 5 al 9 de sep/18

www.limnology.ro/wrw2018/abstract.html

GEO BUSINESS 2018 - THE GEOSPATIAL EVENT

Londres, 22-23 de mayo, 2018

Organizado por Diversified Communications UK. The Pike House
cotswolds@dvcom.co.uk



Puente dañado por una avenida catastrófica en la boca del río Peladeros.

Los aludes de la Sierra Maestra

Intensos o no, los huracanes suelen dejar las mayores precipitaciones que se registran. A veces con consecuencias devastadoras.

En los valles cortos y abruptos de la pendiente sur de la Sierra Maestra esto produce catastróficos torrentes de fango y rocas, que transforman la morfología de los cauces y del los planos de inundación de las corrientes.

La sobresaturación de los suelos y de los depósitos superficiales friables en las fuertes pendientes de la Maestra hace colapsar los eluvios, los deluvios y coluvios, que se comportan como fluidos compuestos por agua, fango y piedras, que bajan a gran velocidad por los valles.

Algunas cifras describen bien el poder destructivo de estos aludes. Algunos pueden subir de 5 a 8 m por las pendientes de los valles en áreas de meandros encajados. En ciertos ríos yacen bloques mayores de 200 m³ y cientos de toneladas de peso, que han sido arrastrados por torrentes de montaña.

Estos procesos naturales extremos complican la construcción y mantenimiento de las obras ingenieras y pueden destruirlas, como el puente del río Peladeros (foto superior).



La desembocadura del río Guamá fue transformada durante el huracán Flora de 1963.

En el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989), Pérez y Karasik hallaron que en las cuencas hidrográficas de la Sierra Maestra el escurrimiento sólido alcanza valores en exceso de 300 ton por Km² al año, correspondientes con una lámina anual de escurrimiento fluvial superior a los 1000 mm.

Foto tomada de internet

Foto de Rogelio Bombino

MEDIDAS TRADICIONALES CUBANAS

Cuba adoptó el Sistema Métrico hace décadas pero aún se emplean algunas medidas tradicionales a veces adaptadas a las necesidades y usos del país.

Es probable que un guajiro cubano hable de cordeles, besanas o caballerías de algún cultivo en lugar de las hectáreas oficiales. Otras medidas de superficie tienden a desaparecer, como la roza, el caró o la legua, pero se pueden encontrar en la literatura sin que se aclare su equivalencia. Es el caso de la Cueva de las Cuatrocientas Rozas, ubicada en Maniabón.

Otra medida que se aferra al lenguaje es la vara cubana, de 848 mm. Al hablar

de la profundidad de un pozo, de la altura de una cerca o de los árboles es común que se refieran a varas y no a metros.

Hay una unidad cubana muy usada para definir distancias, pero que a pesar de su ubicuidad no está en las tablas de conversiones. Cuando se pregunta por una dirección y una distancia en el campo, la respuesta será siempre rápida: la dirección que se busca está localizada al cantío de un gallo, o la distancia desde donde se puede oír a un gallo cantar. Nadie tiene una definición para eso, pero hay algo que sí es cierto: está irremediablemente lejos.

LA HECTÁREA Y EL ACRE

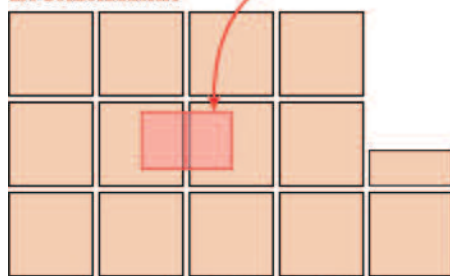


Una hectárea tiene 2.4710538 acres

La **HECTÁREA** es de uso corriente en la agricultura cubana, pero no ha desplazado por completo a las unidades tradicionales.

El **ACRE** no se usa, pero lo emplean con naturalidad los cubanos que viven en EEUU cuyo número se acerca a dos millones.

LA CABALLERÍA



Una caballería tiene 13.4202 ha, 33.162 acres, o aproximadamente 18 terrenos de fútbol

AREAS

Caballería

134 202 m²
1 444 532 pies²
0.0518 millas²
33.162 acres
324 cordeles

Cordel cuadrado

414.20 m²
4 458.4 pies²
0.414 hectáreas
0.102 acres
0.16 besanas

Hectárea

10 000 m²
107 638.7 pies²
2.4710538 acres
24.14 cordeles²
3.87 besanas

PESO

Arroba

25 libras
11.34 kg
0.25 quintales
0.0113 ton métrica

Quintal

100 libras
4 arrobas
45.36 kg
0.04536 ton métrica

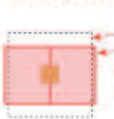
Tonelada corta

2 000 libras
80 arrobas
20 quintales
0.90718 ton métricas

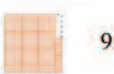
RENDIMIENTO

Una tonelada métrica por hectárea = 1 183.46 arrobas por caballería
10 000 arrobas por caballería = 8.45 toneladas métricas por hectárea
Un quintal por cordel = 1.11 toneladas métricas por hectárea

EL CORDEL = 20.352 m o 24 varas cubanas



Hectárea
Campo de fútbol
Un cordeel² comparado a un terreno de fútbol



9.77 cordeles equivalen a un acre



24.14 cordeles en una hectárea



Algo menos de medio campo de fútbol
Una **BESANA** (vesana, mesana) tiene 2 588.7 m² o 5.28 cordeles



Hectárea y acre (al centro)
Una **ROZA** tiene 7 191.04 m² o 1.78 acres en occidente y en oriente mide 7455.67 m²



Hectárea
Un **CARÓ** equivale a 1.342 ha o 3.316 acres

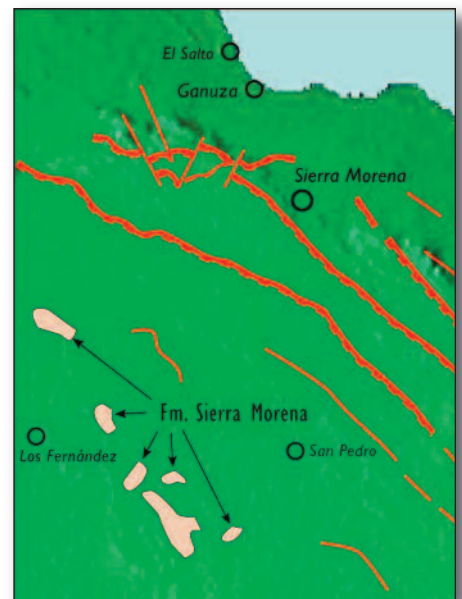
LA LEGUA

La legua es una medida de distancia (no oficial) que aún usan los campesinos cubanos.

Se refiere a la distancia que se puede andar —a pie o a caballo— en una hora. Así, la legua es ambigua. Es una distancia medida en tiempo, como el año luz en astronomía.

Pero en Cuba la legua tiene tamaño fijo de 4.24 km.

En época colonial la distancia se medía siempre en leguas. El largo de la isla se estimó entonces en 300 leguas, o 1 272 km ... lo que resultó ser correcto.



VENTANA AL PRECÁMBRICO Lo más viejo en Cuba

No hay nada más antiguo en Cuba que unas rocas que aparecen en la zona de Socorro, al sur de Sierra Morena en la costa norte de Villa Clara. Es el Precámbrico cubano, compuesto por granitos, mármoles y esquistos carbonatados (calcifiros) visibles en afloramientos tan pequeños que no es extraño que a los geólogos les pasaran inadvertidos por mucho tiempo.

Estos materiales pertenecen al mismo basamento cristalino de la placa norteamericana, y fueron arrancados por fallas profundas y elevados en bloques hacia la superficie.

Los fechados isotópicos (por el método del Potasio-Argón) sitúan a estas rocas en el período Precámbrico, con una antigüedad que excede los 900 millones de años. Eso es, son rocas 700 millones de años más viejas que las de la formación San Cayetano, del Jurásico inferior y medio, que se consideraron las más antiguas (por métodos paleontológicos) durante buena parte del siglo XX.

A.R. Magaz

Este número de CubaGeográfica (CG) fue editado por Antonio R. Magaz García y Armando H. Portela Peraza.

Desde La Habana el doctor José Luis Batista Silva contribuyó con un análisis del uso actual del agua en Cuba.

CG necesita de su auxilio para construir un medio de comunicación sostenible para todos los que se interesen en la geografía cubana.

Envíe su trabajo de hasta de **3,500 palabras**, preferiblemente con fotos (JPEG, 150 Kb mínimo) mapas y gráficos (EPS, PDF, JPEG) con buena resolución, con textos insertados legibles, y con colores y trazos definidos.

Los temas son geográficos, los puntos de vista y enfoques son libres y son responsabilidad única de los autores.

Los trabajos deben ser originales o copias de documentos históricos de valor para la Geografía cubana, debidamente acreditados a la fuente inicial.

A los autores (y coautores) se les ruega que nos hagan llegar una foto reciente y una breve reseña (de 20 a 30 palabras) sobre sí mismos para ser utilizadas con su crédito en los artículos a publicar.

CG se reserva el derecho necesario de redactar y editar los trabajos para su publicación.

Dirija su colaboración a:

Armando H. Portela - ahportela@yahoo.com

Antonio R. Magaz - magazantonio@yahoo.com

CG es un esfuerzo que se hace sin interés de lucro y no puede prometer honorarios ni compensación por ningún aporte.