

**VI CONGRESO DE AGRIMENSURA 2013**  
**II CONGRESO DE PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN**  
**ESPACIAL**

**ESTADO DE LAS TECNOLOGÍAS ESPACIALES DE OBSERVACIÓN DE**  
**LA TIERRA EN CUBA. RETOS Y PERSPECTIVAS.**

**Ponvert-Delisle Batista, D. R.**

Grupo de Investigaciones Agrofísicas (GIAF) / Universidad Agraria de La Habana (UNAH) / Autopista  
Nacional Km. 23<sup>1/2</sup> y Carretera a Tapaste, San José de Las Lajas, AP.: 32700, Mayabeque, Cuba.

E-mail: [dponvert@unah.edu.cu](mailto:dponvert@unah.edu.cu) / Telf. 047-86 0313

**RESUMEN**

La tecnología espacial es un complejo y avanzado sistema de técnicas, procedimientos y tecnologías relacionadas con el espacio ultraterrestre que incluye entre otros los siguientes subsistemas: instalaciones de lanzamiento, conducción y seguimiento de los satélites; los cohetes portadores; el satélite propiamente dicho; los sensores que se instalan a bordo los centros de recepción y procesamiento y distribución de datos y las imágenes captadas. Estas se han desarrollado desde el comienzo de la era espacial en 1957 hasta los momentos actuales, alcanzando niveles verdaderamente insospechados en países con diferentes grados de desarrollo científico y tecnológico. Países como Cuba, con condiciones particulares adversas desde el punto de vista económico y financiero no han podido introducir y desarrollar las posibilidades que ofrecen estas tecnologías en todo su potencial. De aquí que, considerando las apreciaciones precedentes, los objetivos del presente trabajo sean: mostrar la visión del estado actual de las tecnologías espaciales en Cuba, así como de las aplicaciones desarrolladas en la observación de la Tierra desde la perspectiva del investigador especializado en el tema, y hacer un balance de los retos y perspectivas que deberán enfrentarse para incrementar y perfeccionar el empleo de las mismas en beneficio de toda la sociedad. Para cumplirlos, se ha estructurado en una introducción, y en tres acápites que responden a los objetivos específicos enunciados: 1) Estado actual de las tecnologías espaciales, 2) Estado actual de las aplicaciones de las tecnologías espaciales de observación de la Tierra en Cuba, y 3) Retos y perspectivas de la aplicación de las tecnologías espaciales de observación de la Tierra en Cuba. Se concluye en la necesidad y urgencia de establecer políticas y estrategias a nivel gubernamental para propiciar el desarrollo paulatino de la ciencia y tecnología espacial basada en las condiciones concretas de Cuba y en su relación con el entorno latinoamericano y caribeño.

**PALABRAS CLAVE:** Tecnología espacial, Aplicaciones, Estado, Retos y Perspectivas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el documento presentado a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de las Naciones Unidas denominado COPUOS/T.592 se señala que “Las distintas aportaciones de las aplicaciones espaciales han permitido a la humanidad en su conjunto el dar saltos realmente impactantes y cualitativos, sobre todo en los ámbitos de telecomunicación, sanidad, enseñanza, gestión del medio ambiente y previsión del tiempo atmosférico, entre otros. Pero por desgracia, a pesar de que estas aplicaciones obtenidas gracias a la investigación y las tecnologías espaciales ya se consideran totalmente triviales en los países desarrollados, todavía resultan muy raras y muy esporádicas en los países en desarrollo, están subexplotadas y es necesario un efecto de divulgación que no se ha logrado por falta de capacidades adecuadas”.

En Cuba, aunque no se puede decir que las investigaciones en materia de ciencia y tecnología espacial, y su introducción y desarrollo en el escenario económico y social del país resulten “raras y muy esporádicas”, sí se puede indicar que han retrocedido mucho con relación al estadio alcanzado en la década de los 80s, cuando existía otro concepto de la cooperación y colaboración internacional y condiciones favorables en el entorno económico y político mundial. En los momentos actuales existe una brecha tecnológica considerable, no ya con respecto a los países desarrollados, sino, con respecto a los países de la región de la América Latina, los cuales han alcanzado niveles apreciables muy por encima del de Cuba.

Para los que conocen el escenario internacional en que se ha tenido que desenvolver Cuba, conocen perfectamente las causas de tal retroceso: Desaparición de la URSS y el campo socialista; profundización del bloqueo económico y financiero de los EE.UU; restricciones de la Unión Europea como consecuencia de su “posición común” a favor de los EE.UU; e impactos de la crisis global del sistema capitalista en el orden económico, financiero, energético y medioambiental. A pesar de lo anterior, como país miembro de la ONU, Cuba continúa aprovechando de manera sistemática y progresiva las posibilidades de las tecnologías espaciales para sus actividades económicas y sociales, teniendo especial significación el uso de los satélites de meteorología y del monitoreo del medio ambiente, técnicas que se han venido aplicando con éxito en el seguimiento de los ciclones tropicales durante las últimas temporadas ciclónicas, aportando elementos decisivos de diagnóstico y pronóstico en los momentos cruciales de estos eventos que fueron particularmente intensos en el pasado año. Asimismo, se ha continuado utilizando estas tecnologías para la detección y manejo de los incendios forestales, para el manejo de los suelos y de la propiedad de la tierra, entre muchas otras cosas (Codorniú, D. en COPUOS/T.601, 2009).

De aquí que, considerando las apreciaciones precedentes, los objetivos del presente trabajo sean: 1) Mostrar la visión que desde la perspectiva profesional se tiene del estado actual de las tecnologías espaciales en Cuba, así como de las aplicaciones desarrolladas en la observación de la Tierra, y 2) Hacer un balance de los retos y perspectivas que deberán enfrentarse (desde la visión como miembro de la comunidad científica espacial) para incrementar y perfeccionar el empleo de dichas tecnologías en

beneficio de toda la sociedad. Para cumplirlos, se ha estructurado en una introducción, y en tres acápites que responde a los objetivos específicos enunciados: 1) Estado actual de las Tecnologías Espaciales (T.E) de Observación de la Tierra en Cuba; 2) Estado actual de las aplicaciones de las Tecnologías Espaciales de Observación de la Tierra en Cuba; y 3) Retos y perspectivas de la aplicación de las Tecnologías Espaciales de Observación de la Tierra en Cuba.

## **2. ESTADO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS ESPACIALES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN CUBA.**

### 2.1 Visión de futuro sobre el desarrollo de las tecnologías espaciales en Cuba.

#### 2.1.1 Contenido y alcance del término “Tecnologías Espaciales”

Las tecnologías espaciales (T.E en lo adelante), constituyen un conjunto de tecnologías multidisciplinarias integradas cuyo fin es la exploración y estudio del espacio ultraterrestre y el desarrollo de aplicaciones en diferentes campos de la naturaleza y la sociedad en beneficio de la humanidad. Estas tecnologías, están constituidas por un sistema técnico muy complejo, que exige un elevado nivel de desarrollo científico, tecnológico y financiero de los países que las generan. De ahí que en este aspecto, marchen a la vanguardia los países con un alto nivel de desarrollo industrial y económico. Como generalmente la mayoría de los países subdesarrollados no disponen de suficientes recursos financieros, ni del desarrollo científico técnico que exigen los procesos de creación e innovación en tecnologías tan complejas, lo más corriente para ellos, es convertirse en compradores de imágenes satelitales que es la materia prima más importante para las aplicaciones de la teledetección y de otras tecnologías relacionadas para su procesamiento y apoyo en los trabajos de experimentación y de campo.

De esta manera, la tecnología espacial incluye, entre otros, los siguientes subsistemas técnicos: las instalaciones de lanzamiento, conducción y seguimiento de los satélites; los cohetes portadores; los satélites propiamente dicho; los sensores que se instalan a bordo; los centros de recepción y procesamiento y distribución de datos; y las imágenes (fotográficas y digitales) capturadas por las plataformas satélites-sensores, como los más importantes.

Por otra parte, el término “tecnologías espaciales” es muy amplio, abarcando diferentes campos temáticos tales como: la teleobservación de la Tierra, las telecomunicaciones, la telemedicina, entre otros.

#### 2.1.2 Principales aspectos contenidos en las resoluciones de la ONU sobre C y T.E.

Como una cuestión de importancia a considerar, destaca la resolución A/RES/65/97, 2011, en cuyo artículo 24 señala que la Asamblea General “Observa que la ciencia y la tecnología espaciales y sus aplicaciones aportan contribuciones importantes al desarrollo económico, social y cultural y al bienestar”, en consonancia con los señalamientos de los documentos “El milenio espacial: la Declaración de Viena sobre el

espacio y el desarrollo humano”, y el “Plan de Acción de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos sobre la aplicación de las recomendaciones de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos” (UNISPACE-III).

Por otra parte en el informe A/64/20, 2009, artículo 59, se expresa la opinión de que, “pese a la importante labor que ya se había realizado, la aplicación de las recomendaciones de UNISPACE III no debería considerarse una tarea concluida mientras la gran mayoría de las personas, especialmente en los países en desarrollo, no se beneficiara de la tecnología espacial y sus aplicaciones”.

En el propio documento, artículo 65, se indica que “La Comisión acordó que la aplicación y el seguimiento de las recomendaciones de UNISPACE-III relativas a la utilización de sistemas basados en la tecnología espacial en beneficio de esferas como la agricultura y el uso de la tierra, la ordenación de los recursos hídricos, la gestión de desastres y la ordenación general de recursos, ayudarían significativamente a los Estados Miembros a satisfacer sus necesidades de desarrollo sostenible y alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio”.

También en el documento A/63/20, 2008, artículos 96, 97 y 98, se plantean asuntos de importancia referidos a que desde 2005, el Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial había orientado sus actividades de modo que incluyeran el apoyo a los proyectos piloto de costo bajo o nulo que pudieran contribuir al desarrollo sostenible a nivel nacional, regional e internacional y que el enfoque creciente del Programa hacia esos proyectos había dado resultados tangibles, acogiendo con beneplácito ofertas para copatrocinar futuros proyectos en favor de los países en desarrollo.

El mismo documento en su artículo 108 refrenda que “La Comisión subrayó el importante papel de los datos de los satélites de observación de la Tierra para respaldar las actividades en varias esferas fundamentales del desarrollo sostenible y destacó, a ese respecto, la importancia de proporcionar un acceso no discriminatorio a los datos de la teleobservación y a la información de ellos derivada, a un costo razonable o gratuitamente y en tiempo oportuno, así como la importancia de fortalecer la capacidad para la utilización de la tecnología de teleobservación, en particular con el fin de atender a las necesidades de los países en desarrollo.

Los párrafos comentados constituyen elementos clave para entender el lugar y el papel de las tecnologías espaciales y su contribución al desarrollo sostenible a nivel nacional, regional e internacional, cuestión en la que están involucrados de alguna manera todos los Estados de la comunidad internacional de naciones.

### 2.1.3 Situación de las T.E en Cuba con respecto al entorno latinoamericano y mundial.

En Cuba las T.E han quedado rezagadas con relación al entorno mundial y latinoamericano. Las razones son conocidas. En primer lugar al desintegrarse el campo socialista y la Unión Soviética que fungían como los socios principales en este tema

para con el país, quedó truncada la posibilidad de transferencia tecnológica y de conocimientos. En segundo lugar, la existencia de limitaciones en el orden económico-financiero limitaron mucho las posibilidades de adquirir tecnologías y sobre todo datos geoespaciales. De este modo el relativo estatus inicial alcanzado en Cuba gracias a aquellas posibilidades de intercambio y colaboración, se fue perdiendo paulatinamente desde 1990, hasta la fecha actual, donde la brecha tecnológica y de información y acceso al conocimiento en este campo ha alcanzado su máximo nivel con respecto al entorno mundial. Con respecto a América Latina, Cuba en los años 80 tenía una situación privilegiada en el estado de las T.E, dada por el nivel alcanzado en sus relaciones con la ex - Unión Soviética y el extinto campo socialista, pero igual que en el caso anterior, esta posición se fue perdiendo paulatinamente en el tiempo, debido fundamentalmente a la situación generada por el bloqueo económico, político y financiero ejercido y agravado por los EE.UU a partir de la década de los 90 del siglo pasado hasta la actualidad y por las restricciones impuestas por la Unión Europea en apoyo a los EE:UU, que limitó considerablemente el acceso a becas de capacitación y entrenamiento, a proyectos de investigación y otras vías de colaboración. En este tiempo, muchos países de la región avanzaron considerablemente en este campo, destacándose como cuestiones fundamentales, la existencia de una política y estrategia espacial para guiar los destinos de aquellos países en este sentido, la creación de sus Agencias Espaciales, el diseño y puesta en órbita de microsátélites y de satélites de comunicaciones y de O.T (Brasil, Chile, Ecuador, Venezuela, México, Bolivia y otros).

#### 2.1.4 Visión de futuro desde la perspectiva profesional.

El país no tiene diseñada una visión estratégica desde la perspectiva gubernamental en el campo de la ciencia y la T.E, por lo que es difícil proyectarse en este sentido. No obstante desde la perspectiva de los profesionales, docentes e investigadores que durante muchos años nos hemos desempeñado en alguno de los ejes temáticos que abarcan las T.E, sí creemos posible establecer una visión de cara al futuro.

Esta visión estaría determinada por tres cuestiones de interés capital:

1. La confección de la proyección estratégica del país en materia de ciencia, educación y T.E, documento rector que contendría la Visión, Objetivos y Actividades fundamentales a desarrollarse en el corto, mediano y largo plazos.
2. La creación de la Comisión Espacial de Cuba, como órgano que se encargaría de llevar a cabo los lineamientos estratégicos en materia de ciencia, educación y T.E en el país.
3. El desarrollo de tareas clave para reducir la brecha tecnológica, informativa y cognoscitiva existente para con los países de la región, lo que no significa priorizar este sector por encima de las necesidades y urgencias estratégicas del país, sino, trabajar en aquellos ejes temáticos que no demandan fuertes inversiones en tecnología, acceso a datos espaciales y en incrementar las acciones educativas.

### 2.1.5 Papel de la Comisión Cubana del Espacio (C.C.E) para con el desarrollo de las T.E.

Hasta el presente la C.C.E se ha encargado de promover y realizar fundamentalmente las tareas orientadas por la OOSA y COPUOS comprendidas en la Semana Internacional del Espacio. En lo adelante el papel de esta comisión debe ser re-analizado a partir de la situación actual otorgándosele la autoridad necesaria para acometer las tareas que demanda el país en materia de ciencia y T.E con carácter permanente.

### 2.2 Redes científicas sobre tecnología espacial en Cuba.

En la actualidad el país cuenta con un potencial profesional elevado, fruto de la formación de docentes e investigadores en la URSS y el extinto campo socialista y más tarde como resultado de la capacitación post-graduada en algunos países de Europa y América Latina y en el propio país. Una realidad es que no se conoce con exactitud la cantidad de profesionales existentes en este sector, aunque se aprecia son numerosos.

Sin embargo, este potencial científico no se está aprovechando racionalmente en bien del país, al carecerse de una organización adecuada de las redes científicas tanto a nivel nacional como internacional.

En este sentido, la Sociedad Latinoamericana de Sensoramiento Remoto y Sistemas de Información Espacial (SELPER) de Cuba, la más importante red científica en el tema de la ciencia, la educación y las T.E, requiere ser re-estructurada y re-dimensionada para que sea representativa del potencial existente a lo largo y ancho de las instituciones usuarias de estas tecnologías en el país y de las demandas en el orden académico e investigativo se plantean por el gobierno.

Por otra parte, se requiere incrementar la presencia de profesionales de Cuba en redes internacionales de ciencia, educación y T.E, en los marcos de los programas CYTED, ALFA y otros.

### 2.3 La educación en ciencia y tecnología espacial en Cuba.

La educación en ciencia y tecnología espacial en Cuba debe nutrirse de una estrategia que incluya tres aspectos: 1) La educación en ciencia y T.E en los distintos niveles de enseñanza de escolar y pregrado universitario; 2) La educación en ciencia y T.E en la enseñanza posgraduada; y 3) La educación en ciencia y T.E aprovechando las ventajas a escala internacional.

El estado de la educación en ciencia y T.E en los distintos niveles de enseñanza escolar y media y de pregrado universitaria es pobre, no existiendo una política y estrategias adecuadas a nivel del país, por lo que las pocas acciones emprendidas, responden a iniciativas personales e institucionales, debiéndose atender como merece este aspecto.

En cuanto a la educación en ciencia y T.E en la enseñanza posgraduada su estado es más saludable, aunque esto no significa que se hayan alcanzado los niveles potenciales demandados por el país en los CES e instituciones científicas que ejercen la formación posgraduada, por lo que se requiere potenciar las acciones en este nivel.

Desde el punto de vista internacional, la educación en ciencia y T.E en Cuba debe partir del perfeccionamiento de las estrategias para la inserción de sus profesionales en los Centros Regionales en Ciencia y Tecnología Espacial (CRETEALC) de la ONU en América Latina (Campus Brasil y Campus México), así como en otros centros internacionales especializados en Teledetección espacial y SIG (IIPR, ITC, CODAZI, CLIRSEN, Instituto Gülich de CONAE, INPE, etc.) las cuales deben ser sumidas y apoyadas por los organismos del CITMA encargados de la colaboración internacional, dejando al lado la visión de que esto es un asunto solo de los profesionales interesados.

#### 2.4 El acceso de Cuba a los datos geoespaciales en la actualidad a nivel nacional y mundial.

El asunto del acceso a los datos geoespaciales en Cuba, sigue siendo un asunto sin solucionarse. Como Estado socialista, debiéramos sostener la vocación de compartir los datos, tal cual preconizamos en otras áreas de nuestra sociedad, donde esta premisa es un principio del proyecto social y revolucionario que edificamos (“compartimos lo que tenemos, no lo que nos sobra”). No se debiera olvidar que los datos geoespaciales (imágenes de satélites, fotografías aéreas, mapas de diferente tipología) son adquiridos y/o confeccionados con presupuesto del Estado, por lo que llevan la impronta de los trabajadores y esto es una condición que debiera ser tenida en cuenta en los principios de comercialización de los mismos. No se trata de que las empresas y organismos que son autofinanciados no puedan comercializar sus productos de valor añadido, sino en adoptar políticas que tomen en cuenta el principio de compartir los datos adquiridos con el financiamiento del estado o de asumir precios asequibles en el peor de los casos.

Entre los asuntos más destacados de esta situación, que deben ser tomados en cuenta, destacan los siguientes:

i) Necesidad de crear un mecanismo nacional que permita distribuir y compartir los datos geoespaciales adquiridos con fondos estatales (imágenes satelitales y mapas de diferente tipología adquiridos y/o elaborados por diversas instituciones estatales).

A pesar de iniciativas institucionales y personales (banco de datos de imágenes satelitales de Cuba-IGP), el país continúa sin un mecanismo que facilite el acceso a los datos geoespaciales, fundamentalmente, las imágenes de satélites. Debiera establecerse como principio la existencia de un banco de imágenes espaciales de alcance nacional, donde sea una obligación de todos los organismos que adquieren datos con dinero del estado, brindar los mismos para colocarlos a disposición de la comunidad científica y académica nacional.

ii) Necesidad de utilizar los datos ofrecidos por el mecanismo de la Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes en Cuba.

Este es un asunto que requiere del conocimiento y priorización por parte del Estado cubano, pues al parecer no hay una claridad meridiana en torno las posibilidades que ofrece el mecanismo internacional de “la Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes” para la adquisición de imágenes satelitales en tiempo real, sin costo alguno, para atender el manejo de situaciones de emergencia creadas por los desastres. En una realidad evidente que muchas instituciones e investigadores están limitados por la carencia de estos datos para realizar las evaluaciones post-desastres, aún cuando estamos en un país que está sometido constantemente a amenazas de tormentas tropicales y/o ciclones, lluvias intensas, incendios, etc., y que tiene limitaciones de recursos financieros para adquirir estos datos. Sugerimos estudiar esta vía por parte de los organismos correspondientes.

### **3. ESTADO ACTUAL DE LAS APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS ESPACIALES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN CUBA.**

#### **3.1 Antecedentes.**

Como se ha señalado la Teleobservación en Cuba, se ha deprimido, por diferentes causas. La no disponibilidad de datos estadísticos actualizados, no nos permiten hacer una valoración cuantitativa de esta situación como hubiéramos deseado, sin embargo los criterios analizados permiten advertir el retroceso a que hemos hecho referencia antes:

- ◆ En 1988 un total de 12 instituciones docentes, científicas y productivas del país tenían grupos de teledetección en sus estructuras. En la actualidad, muy pocas tienen conformados grupos de especialistas (Pérez, 1999).
- ◆ El cubrimiento actual con imágenes espaciales digitales de Cuba, es insuficiente, existiendo solamente cobertura completa del país de imágenes del satélite Landsat. Aunque se conoce que diferentes instituciones han adquirido imágenes Spot, ASTER, y otras de alta resolución con fines de actualización cartográfica y catastral. También existe cobertura de algunas capitales municipales y provinciales con imágenes Google Earth y de otros satélites, sin embargo no se comparte esta información.
- ◆ El total de especialistas capacitados con un nivel aceptable en Teledetección y Procesamiento Digital de Imágenes, es insuficiente y se ha reducido considerablemente con relación a los que trabajaban en la primera mitad de la década de los 80
- ◆ Los software fundamentales que se utilizan en el procesamiento de imágenes de teledetección y en análisis espacial son propietarios (crackeados), muy pocos poseen licencia otorgada por el suministrador. Se requiere potenciar el uso de software libre en tareas de procesamiento de imágenes de teledetección y SIG. Los software de factura nacional responden a situaciones específicas y no existe una

política al respecto que integre soluciones aisladas con una visión científica profesional y comercial.

- ◆ El número de profesores e investigadores universitarios dedicados a la actividad es prácticamente insignificante, lo que dificulta la introducción y enseñanza de la Teledetección y los SIG en las carreras de pre-grado, aunque hay algunos avances discretos.
- ◆ El número de tesis doctorales relacionadas con el tema que se han desarrollado en el país, es muy reducida desde que se comenzaron las investigaciones en 1975.
- ◆ El número de profesionales con más de 5 años de experiencia que han recibido cursos de perfeccionamiento en centros de capacitación internacionales en materia de teledetección espacial en los últimos 5 años, no sobrepasa la cifra de 10.
- ◆ La no institucionalización de la actividad espacial en el país es una realidad que inmoviliza las acciones en esta rama, existiendo solamente la Comisión Espacial de Cuba, cuya actividad está concentrada en las jornadas anuales en la Semana Mundial del Espacio, la que por su estatus está limitada para tomar decisiones, requiriéndose adoptar una estructura y funciones acorde con las demandas científico-técnicas del momento actual.
- ◆ No se dispone de una proyección estratégica (Misión Visión, Tareas estratégicas en el medio y largo plazos) en materia de tecnología espacial, lo que ha posibilitado que los funcionarios de máximo nivel de las estructuras del gobierno central tengan una percepción clara de la situación en el país en esta rama.
- ◆ Se requiere la actualización y perfeccionamiento de las redes científicas nacionales que abordan el tema, en especial la Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, para lo cual se requiere convocar a los especialistas de todas las ramas, instituciones y regiones del país, con el fin de alcanzar una mayor impacto en las posibilidades de acceso, intercambio y desarrollo de aplicaciones por la comunidad científica cubana que maneja estas técnicas.
- ◆ A pesar de las condiciones del clima de Cuba, caracterizadas por abundante nubosidad a lo largo del año, no se ha introducido el uso de imágenes RADAR, por lo que se requiere introducirlas aceleradamente, así como la capacitación de especialistas para asimilar su introducción y aplicaciones.

#### 2.4 Principales aplicaciones de las tecnologías satelitales de observación de la Tierra en Cuba.

A pesar de las dificultades planteadas a lo largo del trabajo, en el país se ha alcanzado un cierto nivel de introducción y desarrollo de las tecnologías espaciales de observación de la Tierra, lo cual habla del potencial existente, expresado en: Existencia de investigadores en instituciones científicas, académicas y empresariales con deseos, conocimiento y voluntad para hacer ciencia, a pesar de las serias limitaciones en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación; la existencia de un Know-How adquirido a lo largo de más de 35 años de apropiación de conocimiento en torno a las T.E; la existencia de profesionales con iniciativa y capacidad para insertarse en redes científicas, cursos y programas académicos de superación posgraduada en instituciones relevantes del mundo de las Geociencias, las T.E y los SIG.

Las más importantes según el criterio del autor, son aplicaciones que se desarrollan en el país a nivel operacional y semi-operacional, por iniciativa de instituciones e investigadores, y que se plantean a continuación, sin que sea un inventario real.

#### 2.4.1 Aplicaciones científicas de relevancia nacional

- Metodología para el rellenado de los vacíos (Gaps) provocados por la falla del Corrector de Líneas del Escáner (Scan Line Corrector, SLC-off) en las imágenes Landsat 7 ETM+ (Landsat ETM 7 SLC-off Gap Filled) y la creación de mapas de Vegetación 1:100 000 y 1:250 000 con las imágenes obtenidas- UCT Geocuba-IC (2010-Actual) (Estrada, et al., 2010a)
- Diseño e implementación del software SLC-off Gap Filled Versión Cubana 1.1 para la corrección radiométrica de imágenes Landsat ETM 7 SLC-off Gap Filled, Agencia de Teledetección, Geocuba –IC (2020) (Estrada et al., 2010b)
- Creación del Banco de imágenes satelitales de Cuba (primera versión) – Imágenes Landsat – IGP (2009-Actual) (Codorníu, 2009).

#### 2.4.2 Aplicaciones en las Geociencias.

- Cartografía geológica para la exploración mineral y petrolífera con imágenes Landsat y ASTER -IGP (1998-2005 y 2006-Actual).
- Actualización del mapa topográfico a escalas 1:100.000 y 1:25.000 con imágenes satelitales SPOT, Google Earth, y otras – Geocuba-IC (2004-Actual).
- Estimación de modelos de escorrentía y erosión apoyados con imágenes satelitales Landsat y Spot – UNAH (2006 – 2010)
- Análisis en tiempo real de masas nubosas de escala media y pequeña y detección y seguimiento de tormentas tropicales, nubes de polvo provenientes del Sahara y huracanes con imágenes GOES y NOAA-AVHRR – InsMet (1995-Actual).
- Detección de focos calientes y seguimiento y evaluación de incendios en la vegetación y bosques con imágenes MODIS – InsMet (2006-actual)

#### 2.4.3 Aplicaciones en la Agricultura y Forestería

- Estudio piloto del primer inventario forestal de Cuba con imágenes SPOT-Geocuba-IC (1999-2000).
- Estudio de la Cobertura Vegetal de Cuba con imágenes Landsat 7 ETM+ - Geocuba-IC (2010-Actual).
- Estudio de la Cobertura Forestal de Cuba con imágenes Landsat 7 ETM+ - Geocuba-IC (2010-Actual).
- Cartografía de la cobertura vegetal del suelo con imágenes satelitales Landsat y SPOT – IES (2007-Actual).

#### 2.4.4 Aplicaciones medioambientales terrestres

- Inventario regional del medio ambiente para preparar estudios de impactos ambientales con imágenes Landsat, SPOT y Fotografía Aérea – IGT, Geocuba-IC, IGP – (2000-Actual).
- Evaluación y cartografía de suelos vulnerables a la desertificación con imágenes Spot y Landsat – GEPROP-AMA-CITMA, IGT (2005-Actual).
- Estudios de Cobertura y Uso de la tierra en territorios de Cuba con imágenes Landsat-ETM+ - Geocuba-C (2010-Actual).

#### 2.4.5 Aplicaciones medioambientales marinas

- Estudios del estado de las costas y playas de Cuba – Geocuba Estudios Marinos, IGT y otras instituciones (2005 – Actual).
- Estudio del Ecosistema Manglar con imágenes Landsat y fotografía aérea – IES (2005 – Actual).
- Estudio de ecosistemas costeros de los cayeríos Sabana Camagüey y otros con imágenes Landsat – AMA – IGT con apoyo financiero y logístico del PNUD – (2005-Actual).

#### 2.4.6 Aplicaciones medioambientales variadas

- Determinación del área verde del territorio de la provincia y la ciudad de La Habana con imágenes Spot- Geocuba-C y MINAG (1999-2000).
- Zonificación de Coberturas Terrestres de la República de Cuba a la escala 1: 1 000 000 a partir del uso de imágenes NOAA.HRPT-Agencia de Teledetección/Geocuba-IC (1998-2000).

### **4. RETOS Y PERSPECTIVAS DE LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS ESPACIALES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA EN CUBA.**

#### 4.1 Retos que se enfrentan.

Considerando que la situación real de Cuba, con relación a la aplicación de las tecnologías espaciales, está caracterizada por una grave situación económica y financiera, como consecuencia del despiadado bloqueo impuesto por los EE.UU de América y por la desintegración del campo socialista, factores que por razones obvias han frenado el desarrollo que se había alcanzado en esta esfera al final de la década de los 80, se analizan las barreras que deberán superarse en el país para lograr reducir la brecha tecnológica que se ha estirado desde los 90s.

Según la opinión del autor, son dos los retos fundamentales que se deberán enfrentar para desarrollar las T.E en el futuro: 1) Institucionalizar la ciencia y tecnología espacial en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Cuba, y 2) Desarrollar la ciencia y la T.E enfrentando condiciones económicas adversas tanto al interior del país como a nivel global. Analicemos ambos retos.

#### 4.1.1 Institucionalización de la ciencia y la T.E en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de la sociedad cubana contemporánea.

Somos del criterio de que el perfeccionamiento de la actividad de la ciencia y la T.E en el país, tiene que comenzar por su institucionalización, es decir, por ser reconocida como una actividad del estado y por la justa valoración de su papel y lugar en el sistema de ciencia, tecnología e innovación del país. Para argumentar este criterio, analizaremos los planteamientos de Pérez (1999), quien estudió la situación existente a lo largo de más de tres decenios, los cuales compartimos plenamente.

Según el autor, “En la década de los 80, teniéndose en cuenta las condiciones económicas y organizativas del país, la entonces Academia de Ciencias de Cuba (ACC), aprueba concentrar el desarrollo de la Teledetección en el extinto Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC), que era un organismo presupuestado con funciones estatales y vocación de servicios públicos. De igual manera, se decidió mantener la dirección metodológica e internacional de la actividad por la propia ACC, así como, la dirección de la Comisión Cubana del Espacio, con un departamento profesional creado con estos fines”.

“Posteriormente, como resultado de la reorganización de nuestro aparato estatal, en los primeros años de la década del 90, la institución donde se encontraba centralizada la Teledetección, pasó a integrar el Grupo Empresarial GEOCUBA, que es una organización autofinanciada con funciones productivas en lo fundamental, diluyéndose de esta manera las funciones de investigación científica que se venían desarrollando, al no quedar incluida en el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, ni en ninguna de sus agencias nacionales. Esto significó obviamente, que la misma, no apareciera representada en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del país, por lo que no recibió a partir de ese momento, ningún tipo de prioridad”.

“Como consecuencia de lo anterior, en la actualidad, la actividad de la Teledetección, no cuenta con ningún grupo de dirección, ni de científicos, ni instituciones en el ámbito nacional, que estén dedicados a desarrollar, promover e insertar el uso de esta tecnología en los principales programas de desarrollo económico y social del país”.

Estos párrafos nos dan la medida de que la atención institucional de la actividad de ciencia y T.E ha sido prácticamente nula desde los años 80, requiriéndose una atención por parte de las instituciones del estado responsabilizadas con estas funciones.

#### 4.1.2 Desarrollar la ciencia y la T.E enfrentando condiciones económicas adversas tanto al interior del país como a nivel global.

Tendremos que re-contextualizar la actividad, redimensionarla e impulsarla en medio de las difíciles condiciones económicas y financieras por las que atraviesa el país y de una crisis global del sistema capitalista que tiene repercusiones en todos los países.

Para fundamentar el reto, tomamos las palabras de Sáens y Capote (1989), las cuales cito textualmente: “Cuando se ponen manos a la obra en el análisis de la incidencia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de un país, no solo salta a la vista la íntima vinculación de esta cuestión con el plan o la estrategia económica, sino también – y en primer lugar- con el estatus político del país en cuestión. Lo primero debe comprenderse con facilidad, porque las líneas de máximo desarrollo económico deben determinar con toda lógica, las áreas donde se apliquen los mayores recursos de investigación”.

Es sabido que la actividad de ciencia y T.E, no tienen para el país la misma prioridad de otras áreas como la biotecnología, la salud, la educación, el turismo y la agricultura. Por lo tanto, habrá que emprender su desarrollo sin un apoyo financiero a la altura de las áreas prioritarias. Ello implicará se tomen en cuenta una serie de principios en el orden financiero como son: Utilizar los escasos recursos que se otorguen, en los proyectos de mayor impacto económico y social para la sociedad; descargar datos geoespaciales desde portales con acceso libre para ser utilizado en los proyectos y tareas que los requieran; identificar las convocatorias de proyectos internacionales más apropiadas y presentar proyectos para obtener financiamiento; identificar e implementar métodos alternativos; entre otras.

Sobre tales principios conviene destacar algunos comentarios. En América Latina, además del empleo que se dan a las imágenes satelitales obtenidas por los satélites comerciales conocidos, se están abriendo camino cada día con más fuerza los métodos alternativos. Estos métodos permiten realizar una serie de aplicaciones menos costosas, lo cual constituye una perspectiva interesante para países que como Cuba, presentan una situación adversa con la financiación de estas actividades, al propio tiempo que representan un impulso y un incentivo para continuar desarrollando tecnologías apropiadas a favor del desarrollo de la ciencia y la T.E. Entre ellos se encuentran: el desarrollo de la teledetección de bajo costo; el diseño y puesta en órbita de microsátélites; el acceso a datos geoespaciales desde portales con acceso libre y la activación del mecanismo de “La Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes”.

La llamada “Teledetección de bajo costo”, mediante el empleo de cámaras de vídeo y fotográficas manuales o digitales, de pequeño formato, montadas sobre aviones ligeros dada su accesibilidad en costos, la rápida obtención de la información y el desarrollo de software para su manipulación y procesamiento, se está convirtiendo en una tecnología operacional alternativa de primer nivel en muchos países latinoamericanos. La técnica está basada en cámaras de vídeo (CCD) montadas en una aeronave sobre un bastidor inercial y acoplado a un sistema diferencial de posicionamiento global (GPS) y un sistema de almacenamiento de las imágenes (computadora personal). Entre las principales aplicaciones se encuentran: las forestales, mantenimiento de caminos, protección del medio ambiente, determinación de población de cultivos y cartografía rápida para situaciones de emergencia post-desastre (López et al., 2007).

Los microsátélites son satélites pequeños que se utilizan para desarrollar determinadas tareas en el campo de las telecomunicaciones espaciales, fundamentalmente, aunque

también en algunas tareas experimentales de Teleobservación de la Tierra y otras ramas. La gran importancia de estos ingenios pequeños es que permite mantener funcionando a diferentes grupos multidisciplinarios de especialistas en su diseño y prueba, lo que significa disponer de una masa crítica de especialistas y científicos vinculados a estos proyectos científicos, que un día, en el futuro podrían conformar las agencias y organizaciones científicas de T.E más avanzados en el país.

Existen numerosos portales Web donde determinadas instituciones y organizaciones internacionales colocan sus datos geospaciales, fundamentalmente imágenes satelitales con las cuales sería posible conformar un banco de datos geográficos de determinadas regiones bajo estudio. Todo ello sin costo alguno, por lo que constituye una opción de primer orden, identificando tales portales y creando el banco de datos en la medida en que se van ejecutando los proyectos nacionales.

Por último, el mecanismo de “La Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes”, ha constituido un ejemplo de cooperación y colaboración internacional y una forma excelente de compartir datos geospaciales adquiridos en tiempo real por agencias espaciales insertadas en el él, para facilitar la realización de evaluaciones post-desastres y la generación de productos cartográficos de manera rápida, que contribuyan a la toma de decisiones por parte de los actores involucrados en la asistencia a estos procesos. Igual que en caso anterior, esto permite adquirir datos geospaciales libres de costo en un tiempo muy breve después de ocurrido un desastre. Para el caso de Cuba, sería esta una oportunidad excepcional.

#### 4.2 Perspectivas en el corto, mediano y largo plazo.

¿Qué perspectivas tiene entonces nuestro país ante la difícil situación de su economía y la compleja situación internacional signada por la crisis económica, financiera, social y ambiental del sistema capitalista, para desarrollar las aplicaciones de las tecnologías espaciales de observación de la tierra?

A pesar del difícil cuadro, las perspectivas para continuar desarrollando y perfeccionando las T.E son reales y factibles. Para ello, se proponen un conjunto de cuatro estrategias nacionales que de ser implementadas contribuirían notablemente a conseguir la meta fijada. Estas son: 1) Creación de la proyección estratégica del país en Ciencia, Educación y T.E; 2) Estrategia nacional en materia de educación en ciencia y T.E; 3) Estrategia para el uso compartido de los datos geospaciales adquiridos con recursos financieros estatales; 4) Estrategia para el desarrollo de las aplicaciones de las T.E de interés nacional.

##### 4.2.1 Creación de la proyección estratégica del país en Ciencia, Educación y T.E.

Como se ha señalado en los inicios de éste trabajo, la T.E es una tecnología generada solamente en países con un alto nivel de desarrollo económico y científico técnico, entre otras cosas, debido al alto grado de complejidad de las tecnologías requeridas para desarrollar éstos sistemas, al alto grado de dominio de conocimientos científicos y técnicos especializados, y por la disponibilidad de recursos financieros. Muy pocos

países en vías de desarrollo como Cuba, o del tercer mundo, poseen tales condiciones al mismo tiempo y por lo tanto, a lo máximo a que pueden aspirar en lugar de proponerse el diseño, fabricación y puesta en órbita de un satélite, es al menos importar parte de esa tecnología, con la cual pueda desarrollar algunas aplicaciones en interés de sus economías y pueblos.

Es imposible para países como los nuestros, ponernos a estas alturas y con tales condiciones a tratar de inventar lo imposible, no porque no seamos capaces como seres pensantes, sino porque no existen las condiciones objetivas suficientes para experimentar tal salto cualitativo en la generación de una tecnología tan sofisticada como la que nos ocupa. Pero tampoco sería admisible, no aprovechar el patrimonio más avanzado en cuanto a tecnología, que el intelecto humano ha sido capaz de crear. Lo dicho significa que aunque no es un objetivo en el corto y mediano plazos para Cuba, la puesta en órbita de satélites, no significa que se renuncie a esta meta en el orden científico y tecnológico de cara al futuro mediato.

Muchos países de la región como México, Ecuador, Bolivia, Chile, ya tienen sus propios microsátélites de comunicaciones y otros tipos, lo cual es un paso significativo en el camino hacia empeños mayores, como se demostró con el satélite mayor "Simón Bolívar" y el de recursos naturales (Miranda), ambos de Venezuela. Más recientemente, se puso en órbita un microsátélite de observación de la tierra en Ecuador, que tendrá una misión académica y científica. También destaca el satélite de comunicaciones de Bolivia. Todos ellos diseñados y puestos en órbita en cooperación con la República Popular China. Cuba pudiera asumir el diseño y lanzamiento de sus propios microsátélites como antes lo hicieron estos países.

Otra cuestión que hay que planearse es la asimilación e introducción de la tecnología de imágenes de satélites de RADAR, por la gran ventaja que tienen para estudiar los recursos naturales en regiones que frecuentemente estén cubiertas por nubes, como es el caso de Cuba. Realmente es uno de los retos que hay que asumir y enfrentar en el corto plazo.

A partir de estos presupuestos, las acciones que comprende esta estrategia son:

4.2.1 Diseño de la proyección estratégica gubernamental en materia de ciencia y tecnología espacial. Esta proyección debería abordar las cuestiones siguientes:

- Visión, Misión, Objetivos, Tareas estratégicas en el corto, mediano y largo plazos, por cada uno de los ejes transversales: Ciencia, Educación y Tecnología Espacial.
- Institucionalización de la actividad espacial en Cuba, dándole el carácter jurídico y funcional que la misma exige.
- Fortalecimiento de la Comisión Cubana de Espacio y atención profesionalizada por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.
- Institucionalización y fortalecimiento a escala nacional de redes científicas especialmente la Sociedad Cubana de Especialistas en Percepción Remota y

Sistemas de Información Espacial (SELPER – Cuba) como una opción más para propiciar la integración de la masa de especialistas y profesionales existentes en Cuba.

#### 4.2.2 Fundamental y desarrollar una estrategia nacional en materia de educación en Ciencia y T.E

Se han analizado algunos documentos analizados por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) de las Naciones Unidas, que tocan de manera sensible el asunto enunciado en esta estrategia, siendo algunos de ellos, los siguientes.

En documento A/64/20 (2009) en su artículo 85 señala que “La Comisión señaló que era importante aumentar las oportunidades de capacitación a fondo en todos los sectores de la ciencia y la tecnología espaciales, sus aplicaciones y el derecho del espacio mediante becas de larga duración, e instó a los Estados Miembros a que brindaran oportunidades de esa índole en sus instituciones pertinentes”. En el artículo 89 del mismo documento se plantea: “La Comisión observó con satisfacción que el Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial seguía prestando especial atención a la cooperación con los Estados Miembros en los planos regional y mundial con el fin de apoyar a los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales, afiliados a las Naciones Unidas”.

Por su parte el documento A/62/20 (2007) en su artículo 247 señala: “Se expresó la opinión de que el analfabetismo y la ausencia de una educación adecuada seguían siendo importantes problemas para los países en desarrollo y que el Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial debería hacer más hincapié en apoyar la enseñanza y la formación a fin de fomentar la capacidad de los países en desarrollo y en reforzar la cooperación internacional”.

Mientras que en el documento A/AC.105/L.284/Add.4 (2012), artículo 20, se indica: “La Comisión observó que existía un compromiso permanente de los Estados y las organizaciones internacionales de promover planes de estudio y programas relativos al espacio destinados a los niños, a los jóvenes y al público en general que habían establecido las organizaciones espaciales y educativas nacionales, así como de aumentar las posibilidades de educación, utilizando tecnologías de aprendizaje a distancia como la teleeducación y el aprendizaje a distancia a fin de promover la conciencia de los beneficios de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología espaciales para el desarrollo sostenible.

Basados en estos preceptos, se plantea las siguientes acciones para cumplimentar esta estrategia:

- Identificación, caracterización y promoción de los programas de becas y oportunidades de capacitación en el sector de la ciencia y la T.E a nivel internacional (China, Europa, Canadá y de América Latina) por parte de los

organismos responsables de esta política a nivel del país, tomando en cuenta los pronunciamientos y recomendaciones de las Naciones Unidas.

- Creación de la capacidad local, mediante el entrenamiento del personal técnico y científico, utilizando la infraestructura universitaria y de sus institutos de investigación y desarrollo, así como también la cooperación internacional, a fin de obtener la masa crítica necesaria que permita realizar un programa bien estructurado y que satisfaga las necesidades propias de del desarrollo del país.
- Realizar un plan de difusión y concientización sobre los beneficios que esta tecnología puede brindar al progreso y el desarrollo del país, en especial a los funcionarios del gobierno que son responsables de las decisiones, a efecto de obtener el apoyo adecuado y la credibilidad de la comunidad científica especializada por parte de dichos funcionarios.
- Elaborar un proyecto de programa de común acuerdo con las autoridades del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el Ministerio de Educación, el Ministerio de Educación Superior, y el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, para la enseñanza de las tecnologías de la teledetección y sus aplicaciones en los principales centros de educación primaria, media y media superior y universidades que egresan los especialistas que en un futuro, tendrán bajo su responsabilidad la administración de los recursos agrícolas, forestales, minerales, la planeación urbana y territorial, la evaluación de los recursos hídricos, y otros, que se consideren necesario, por el impacto que sus decisiones implicarán sobre nuestra economía y la sociedad.

#### 4.2.3 Fundamentar e implementar una estrategia nacional para el uso compartido de los datos geoespaciales adquiridos con recursos financieros estatales.

Como preámbulo, se han analizado algunos informes presentados por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) de las Naciones Unidas. En este análisis, se ha prestado particular atención a algunos artículos relevantes relacionados con la estrategia:

Así tenemos que en el documento A/AC.105/1014 (2012), artículo 49, se señala que “La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, el principal órgano de las Naciones Unidas para coordinar y plasmar la cooperación internacional en actividades espaciales, en su contribución a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, puso de relieve el valor y la importancia de la información obtenida desde el espacio y reconoció que los datos geoespaciales obtenidos desde el espacio constituirían un recurso que podría utilizarse para apoyar políticas de desarrollo sostenible a nivel local, nacional, regional y mundial, especialmente mediante el establecimiento de infraestructuras específicas de datos espaciales”.

También el informe A/63/20 (2008) en su artículo 108, indica que “La Comisión subrayó el importante papel de los datos de los satélites de observación de la Tierra para respaldar las actividades en varias esferas fundamentales del desarrollo sostenible y destacó, a ese respecto, la importancia de proporcionar un acceso no discriminatorio a los datos de la teleobservación y a la información de ellos derivada, a un costo

razonable o gratuitamente y en tiempo oportuno, así como la importancia de fortalecer la capacidad para la utilización de la tecnología de teleobservación, en particular con el fin de atender a las necesidades de los países en desarrollo”.

Por su parte el documento A/64/20 de 2009, artículo 99, “Se expresó la opinión de que el concepto de “democracia de datos” desempeñaba un papel importante en el fomento de la utilización de datos geoespaciales obtenidos desde el espacio en pro del desarrollo sostenible. Ese concepto abarcaba el acceso sin trabas a la información de teleobservación, así como a programas de informática de fuente abierta y sistemas abiertos, como los instrumentos y sistemas informáticos de procesamiento de imágenes de libre acceso, modelos de divulgación adecuados que tuvieran en cuenta la situación real de los países en desarrollo en cuanto a la disponibilidad de ancho de banda; proyectos de colaboración transfronteriza de iniciativa local, y programas intensivos de creación de capacidad y capacitación.

Este articulado nos permite fundamentar las acciones necesarias para impulsar a estrategia mencionada:

- Elaborar los principios para el acceso libre a los datos geoespaciales obtenidos con recursos del estado por numerosas organizaciones nacionales, así como con relación al uso de software de fuente y sistemas abiertos para el procesamiento de datos teledetectados.
- Aunar esfuerzos en el país, en aras de mejorar la cooperación inter-ramal tan necesaria cuando se trata de la aplicación de tecnologías muy costosas y tan necesarias para un número considerable de instituciones.
- Estudiar en las condiciones actuales de Cuba y del mundo, el mecanismo de “La Carta Internacional del Espacio y Grandes Catástrofes”, analizando las ventajas, oportunidades y retos el mismo pudiera ofrecer para la obtención gratuita y en tiempo real de imágenes satelitales de zonas afectadas por desastres en nuestro país, y elaborando los protocolos correspondientes.

4.2.4 Fundamentar una estrategia para el desarrollo de las aplicaciones de las T.E de observación de la Tierra de interés nacional.

Es conocido que estas tecnologías son costosas, que demandan un grado alto de conocimiento científico especializado, así como un multidisciplinario y multi-institucional para llevar a cabo las diferentes aplicaciones a escala del país. De aquí que una primera tarea a abordar sería inventariar las aplicaciones que se realizan en tres niveles: Operacionales, semi-operacionales y experimentales. Esto permitirá disponer de un banco de proyectos realizados con estas características, que servirían como referentes para estudios posteriores, así como conocer los estudios que potencialmente pudieran desarrollarse en el mediano y largo plazos, dado que aún no se han hecho operativos.

Las acciones que comprende esta estrategia son:

- Fijar un programa de aplicaciones útil al país, con el apoyo económico adecuado y el requerido de otras fuentes externas y los convenios de cooperación, no solo con países desarrollados, sino también con países de la región en vías de desarrollo, a fin de dar y recibir colaboración en la medida de sus posibilidades.
- Utilizar los acuerdos o convenios de ciencia y tecnología y/o de cooperación e integración económica que seguramente existen con diferentes países de Latinoamérica, y en especial del ALBA y la CELAC para la ejecución de proyectos que impliquen el uso de las T.E, todo lo cual ayudará a la materialización de la integración más amplia con los países de nuestra región.
- Utilizar los mecanismos de cooperación y de apoyo por parte organismos internacionales del sistema de las Naciones Unidas como PNUD, FAO, PNUMA, etc., y otras organizaciones no gubernamentales y organismos internacionales como la Agencia Espacial Europea y otras organizaciones de cooperación de los países desarrollados, para llevar a cabo los proyectos claves para el desarrollo del país, que permitan acceder, al menos, a los últimos adelantos en materia de T.E, entrenar a los especialistas locales y obtener el Know-How, como forma de ir rompiendo el aislamiento y la brecha tecnológica.
- Desarrollar aplicaciones clave que no han sido abordadas en Cuba y que dada la situación del Cambio Climático Global y de las políticas para el Desarrollo Sostenible, requiere profundizar en sus efectos, tales como: Evaluación de las condiciones precedentes y futuras para el caso de la sequía; Evaluación del impacto del C.C en especies de vegetación; Aplicaciones con imágenes de radar en agricultura, forestería, determinación de la humedad en el suelo, etc.; Evaluación del impacto de desastres naturales (inundaciones, incendios, huracanes) y cartografía rápida de la huella medioambiental que por carencia de imágenes satelitales no se han podido llevar a cabo; Actualización catastral con imágenes satelitales de muy alta resolución espacial.

## 5. CONCLUSIONES

En la década del 80 comienzan a introducirse y desarrollarse en Cuba actividades de la ciencia y la tecnología espacial en el marco de la colaboración existente en esa esfera entre los países de la entonces comunidad socialista, surgiendo múltiples acciones de capacitación y formación de los recursos humanos nacionales en aquellos países

A finales de esa década, el país contada con las condiciones creadas para asegurar el desarrollo impetuoso de esta herramienta en muchos sectores de las Geociencias, de la Naturaleza y la Sociedad al contar con una masa crítica inicial de profesionales entre ellos los primeros científicos formados en este campo. Comienzan a desarrollarse numerosos proyectos de colaboración científica en el campo de la teleobservación de los recursos naturales entre instituciones científicas de Cuba y de la ex-URSS y de otros países del entonces campo socialista. El proyecto de mayor envergadura sin lugar a duda resultó el “Proyecto Caribe Inter-Cosmos” que implicó el viaje espacial del primer astronauta cubano al espacio ultraterrestre y la realización de numerosos experimentos científicos que involucraron a disímiles instituciones e investigadores de Cuba, dejando

un saldo muy favorable en términos de entrenamiento y know-how para futuras actividades.

Sin embargo las dificultades económicas que se presentaron a partir de 1990, influyeron significativamente en el estancamiento de la actividad. La teledetección se deprimió considerablemente y prácticamente desapareció de los escenarios nacionales, manteniéndose solo algunas aplicaciones a escala local y de pequeña envergadura. A partir de 1995 la economía de Cuba comenzó una ligera tendencia a la recuperación, la cual ha ido fortaleciéndose en los años sucesivos.

En los momentos actuales, el panorama económico se caracteriza por inversiones en sectores claves tales como la biotecnología, la minería y el turismo, así como en la recuperación de la agricultura en general y de cañera en particular, así como de la infraestructura técnica en apoyo a los proyectos de desarrollo.

Lo anterior crea un conjunto favorable de condiciones que propiciaran la aplicación y desarrollo de las técnicas de Teledetección al desarrollo de ramas fundamentales de la economía, la agricultura y las Geociencias en general, aunque la actividad no resulte una prioridad para el desarrollo del país en medio de las condiciones adversas en que se desarrolla la actualización del nuevo modelo de desarrollo económico y social del país tanto en el plano nacional como internacional. De aquí los grandes retos a que deba enfrentarse esta actividad en los años venideros.

## **6. RECOMENDACIONES.**

Presentar el presente trabajo a las autoridades de máximo nivel del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

A/62/20/, 2006, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, 55º período de sesiones. Asamblea General de Naciones Unidas, Nueva York.

A/62/20/, 2007, Informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Asamblea General, Documentos Oficiales sexagésimo segundo período de sesiones, Suplemento Núm. 20, Nueva York.

A/63/20, 2008, Informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Asamblea General, Documentos Oficiales Sexagésimo tercer período de sesiones Suplemento N° 20, Naciones Unidas, Nueva York.

A/64/20, 2009, Informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Asamblea General, Documentos Oficiales Sexagésimo cuarto período de sesiones Suplemento Núm. 20, Nueva York.

A/AC.105/1014, 2012, Informe del Secretario General “Coordinación de las actividades relativas al espacio ultraterrestre en el sistema de las Naciones Unidas: orientaciones y resultados previstos para el período 2012-2013 - la utilización de datos geoespaciales obtenidos desde el espacio para el desarrollo sostenible”, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, 55º período de sesiones, Asamblea General, Naciones Unidas, Viena.

A/AC.105/L.284/Add.4, 2012, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, 55º período de sesiones. Asamblea General de Naciones Unidas, Viena.

A/RES/65/97, 2011, Resolución aprobada por la Asamblea General, 65/97. Cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos. Sexagésimo quinto período de sesiones, Tema 50 del programa. Asamblea General, Naciones Unidas.

COPUOS/T.592, 2008, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Naciones Unidas, 592ª sesión, Viena.

COPUOS/T.601, 2009, Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Naciones Unidas, 601ª Sesión, Viena.

Estrada, R., G. Martín, N. Rodríguez, Z. Galano e I. Bell-Iloch y 2010a, Metodología para el rellenado de los vacíos (Gaps) provocados por la falla del Corrector de Líneas del Escáner (Scan Line Corrector, SLC-off) en las imágenes Landsat 7 ETM+ (Landsat ETM 7 SLC-off Gap Filled) y la creación de mapas de Vegetación 1:100 000 y 1:250 000 con las imágenes obtenidas. UCT Geocuba-IC, La Habana, Cuba.

Estrada, R., Z. N. Rodríguez, Galano, G. e I. Bell-Iloch G. Martín, 2010b, Manual del Software SLC-off Gap Filled Versión Cubana 1.1, Agencia de Teledetección, Grupo Empresarial Geocuba, Ciudad Habana, Cuba.

López, J., A. Monterroso, J. Prado, M. Reyes y R. Venegas, 2007, Los sensores remotos como herramientas en la gestión de desastres, Capítulo México de la Red Temática UTEEDA, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Disponible en: <http://www.uteeda.isch.edu.cu>.

Pérez, E., 1999, Conversación personal, sostenida en Octubre de 1999, Geocuba-Investigación y Consultoría, La Habana, Cuba.

Sáens, T., y E. Capote, 1989, *Ciencia y Tecnología en Cuba*. Antecedentes y desarrollo, Editorial Ciencias Sociales, La Habana, Cuba.