

Empleo del sistema de posicionamiento global (GPS) en el manejo de ecosistemas agrícolas sostenibles

Sergio Ricardo-Desdín ⁽¹⁾, Acela Díaz de la Osa ⁽²⁾, Yanelis Acebo Guerrero ⁽²⁾, Narovis Rives Rodríguez ⁽³⁾, Michel Almaguer Chávez ⁽²⁾ y Annia Hernández Rodríguez ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Dirección General de GEOCUBA. Calle 6 % 3ra A y 3ra. Miramar. Playa. Ciudad de La Habana, Cuba.

⁽²⁾ Facultad de Biología de Biología. Universidad de La Habana, Cuba.

⁽³⁾ Instituto de Investigaciones de Granos, Bauta, La Habana, Cuba.

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Recibido junio 30, 2010 | Aprobado agosto 26, 2010 |
|-------------------------|--------------------------|

Resumen

El sistema global de posicionamiento por satélites (GPS) se utiliza para determinar la posición de los puntos situados sobre la superficie de la tierra y el espacio. Esta tecnología tiene un gran número de aplicaciones en numerosas esferas de la vida actual por lo que este trabajo tiene como objetivos abordar la importancia del empleo de la tecnología GPS en el manejo de ecosistemas agrícolas sostenibles, tratando algunos temas relevantes, como las principales características de la tecnología GPS y su aplicación en estudios de Ecología Microbiana y en la Agricultura de Precisión. Para ello se utilizaron materiales bibliográficos relacionados con el tema y se consultó y analizó la información científica disponible, definiéndose los principales antecedentes y fundamentos de los métodos de mediciones empleando estas tecnologías. Además, se reveló la actualidad del problema y analizaron los datos existentes e informaciones relacionadas con el uso de la tecnología GPS en el manejo de los ecosistemas agrícolas. Este trabajo nos permitió concluir que la tecnología de GPS constituye una herramienta útil en los estudios de Ecología Microbiana Aplicada, fundamentalmente en ecosistemas agrícolas y que ha posibilitado el surgimiento de la llamada Agricultura de Precisión, desempeñando un importante papel en el contexto de la agricultura sostenible.

Palabras clave: GPS, sistemas agrícolas sostenibles.

Global positioning system (GPS) in the management of sustainable agricultural ecosystems

Abstract

Global positioning system for satellites is used to determine the position of different points on the Earth surface and the space. This technology has numerous applications in several areas of modern life. This work is aimed to review the importance of GPS technology for the management of sustainable agroecosystems, the main characteristics of GPS technology and its application in Microbial Ecology and Precision agriculture. Several bibliographical materials were used and available scientific information on the subject was consulted, defining the background and basis of these measuring techniques. Besides, the actuality of the problem is revealed and the existing data on the management of agroecosystems with the help of GPS technology was analyzed. We concluded that GPS is a useful tool for Applied Microbial Ecology studies, mainly in agroecosystems and the Precision Agriculture, being of great importance in the sustainable agriculture.

Key words: GPS, sustainable agricultural ecosystems.

Introducción

El sistema global de posicionamiento por satélites (GPS) es la tecnología que apoyada en el Sistema de Referencia Mundial del año 1984 (WGS84), se utiliza para determinar la posición de los puntos situados sobre la superficie de la tierra y el espacio, básicamente compuesta por tres sectores: el espacial, el de control y el de usuario (Ricardo y Acosta, 2007).

La tecnología GPS responde a las necesidades de una gran variedad de usuarios del posicionamiento (García-Díaz, 1997; Rodríguez-Roche, 2004; Moirano, 2000; Sanjosé-Blasco *et al.*, 2007; Ortiz-Marín, *et al.*, 2008; Rodríguez-Roche *et al.*, 2009). Su uso en estudios de Ecología Microbiana dirigidos a la preservación y conservación del medio ambiente han sido fundamentales en la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas (Almaguer *et al.*, 2008).

Otra de las aplicaciones más relevantes de esta tecnología en los ecosistemas terrestres, es la denominada Agricultura de Precisión que modifica las técnicas existentes e incorpora otras nuevas para producir un nuevo conjunto de herramientas a ser manejadas por el usuario (Zhang, 2007).

La idea fundamental en que se basa la Agricultura de Precisión es que se debe aplicar los insumos en cantidades que se puedan aprovechar en su totalidad, y que cada área del lote exprese el máximo potencial económicamente posible. Según esto, se ahorrarían insumos en las áreas de bajo rendimiento potencial sin disminuir el rendimiento (que era bajo), para trasladarlo a las áreas con mayor potencialidad, que si pueden aumentar la producción aprovechando los insumos correctamente (Huang, 2008). En otras situaciones de variabilidad, la dosis de fertilizante promedio puede ser insuficiente para un área degradada químicamente y resulta conveniente aplicar más en ese sitio de mayor respuesta (Colvin y Kerkman, 1999).

Este trabajo tiene como objetivos abordar la importancia del empleo de la tecnología GPS en el manejo de ecosistemas agrícolas sostenibles, tratando algunos temas relevantes, como las principales características de la tecnología GPS y su aplicación en estudios de Ecología Microbiana y en la Agricultura de Precisión.

Materiales y métodos

En esta investigación se utilizaron los materiales bibliográficos relacionados con el tema y se consultó y analizó la información científica disponible. Se desarrolló mediante la aplicación de diferentes métodos científicos. El histórico-lógico se utilizó para la revisión y análisis de los documentos, y definir los principales antecedentes y fundamentos de los métodos de mediciones con las tecnologías GPS, aplicables a la agricultura. Mediante el análisis y la síntesis se reveló la actualidad del problema y analizaron los datos existentes e informaciones relacionadas con el uso de la tecnología GPS en el manejo de los ecosistemas agrícolas.

Resultados y discusión

Generalidades de la tecnología GPS

El sistema GPS determina la posición donde se encuentra el receptor, conociendo las distancias de por lo menos tres puntos de coordenadas conocidas (satélites). Esta determinación es similar a la de "Estación Libre" utilizada en la topografía clásica. Sin embargo, en el caso del GPS, los puntos de coordenadas conocidas no están sobre la superficie de la tierra sino en el espacio (Peñañiel y Zayas, 2001).

Esta tecnología, apoyada en el Sistema de Referencia Mundial del año 1984 (WGS84), se utiliza para determinar la posición de los puntos situados sobre la superficie de la tierra y el espacio, básicamente compuesta por tres sectores: el espacial, el de control y el de usuario (Moirano, 2000; Dalda-Mourón *et al.*, 2003; Ortiz-Marín *et al.*, 2008).

Sector Espacial

El sector espacial está constituido por la constelación de 27 satélites (hasta el año 1998) que orbitan el planeta Tierra en seis planos orbitales inclinados en 55°, respecto al plano ecuatorial y separados en 60° sobre el ecuador (**Fig. 1**). El radio de las órbitas es de 11 000 millas náuticas, dando dos revoluciones completas cada día (Holanda-Blas y Bermejo, 1998).



Figura 1. Esquema de la constelación de los satélites (Tomado de Peñafiel y Zayas, 2001).

Cada satélite posee a bordo un oscilador de alta calidad para generar las fases portadoras coherentes L1 y L2 de la banda L (frecuencias 1.57542 GHz y 1.2276 GHz), con longitudes de ondas $\lambda_1 = 19$ cm y $\lambda_2 = 24$ cm, desde donde se transmite mediante tecnologías de modulación de fases.

La portadora L1 está modulada por el mensaje de navegación, sucesión de dígitos binarios con 50 transiciones por segundo que indican al receptor la posición extrapolada del satélite y el estado de su reloj para el instante de medición. Tanto L1 como L2, se encuentran moduladas por otros dos códigos. Esta segunda codificación tiene los siguientes propósitos: identificar desde el receptor, al satélite en que se originó la señal recibida y separarla de las señales de los demás, medir la pseudo-distancia satélite-receptor, proteger las señales contra posibles interferencias casuales y deliberadas e impedir el uso de algunas capacidades del sistema a usuarios no autorizados (Ricardo-Desdín *et al.*, 2007).

Los códigos utilizados son del tipo pseudo aleatorio, similares a una señal aleatoria real en que su autocorrelación cae a cero muy rápido al desfasar en tiempo dos copias del mismo código. La correlación cruzada de dos códigos para cualquier corrimiento en tiempo es prácticamente nula. La asignación de un código diferente a cada satélite permite al receptor identificarlos aunque lleguen señales de varios satélites simultáneamente a la misma antena y sobre la misma frecuencia portadora (Holanda-Blas y Bermejo, 1998, Moirano, 2000).

Sector de Control

El Sector de Control está formado por estaciones de control geodésicas de seguimiento, situadas en diferentes puntos geográficos cercanos al ecuador que conjuntamente con los datos obtenidos por los centros de análisis, permiten mantener actualizada la información sobre la posición exacta y estado del equipamiento disponible en los satélites.

Con esta red de estaciones, se mantiene y actualiza la posición exacta de los satélites y la precisión de los datos, ajustándose las pequeñas discrepancias que puedan observarse cada vez que es preciso. Si un satélite no envía datos correctos, es inmediatamente marcado como malo por la red de estaciones, de modo que los receptores GPS no lo consideren para los efectos del cálculo. En ocasiones, también los satélites pueden ser apagados para su mantenimiento o cambiarlos de órbita (Peñafiel y Zayas, 2001).

Cada estación está equipada con sistemas para realizar el monitoreo de satélites, telemetría, envío y recepción de datos etc. Alrededor del mundo están instaladas diferentes estaciones para hacer el seguimiento de los satélites y enviar la información a la estación central (**Fig. 2**).



Figura 2. Esquema que muestra la localización de las Estaciones de Control (Tomado de Peñafiel y Zayas, 2001).

Sector de Usuario

Forman parte del Sector de Usuario, los instrumentos y software utilizados para determinar los componentes GPS en uno o más puntos de estacionamiento (estaciones de referencia o remota) mediante la recepción, almacenamiento de las señales radiodifundidas o precisas desde los satélites y procesamiento o reprocesamiento de las mismas.

El sistema GPS tiene mucha versatilidad, respondiendo a las necesidades de una gran variedad de usuarios del posicionamiento. En este sentido, el posicionamiento puntual implica utilizar un solo receptor que determina su posición sobre la base de mediciones de pseudo-distancia con códigos hacia al menos cuatro satélites y efemérides, extraídas estas últimas del mensaje de navegación transmitido por los mismos satélites. Hasta el 30 de abril del 2000, esta modalidad tuvo una exactitud de hasta 100 m en latitud y longitud y hasta 156 m en altura, en el 95% del tiempo, suponiendo un coeficiente de Degradación de la Precisión para la Posición (PDOP) menor que 6, según las especificaciones del Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS). Desde el 1^{ro} de mayo del 2000, en que se eliminó la Disponibilidad Selectiva (SA) (IGS, 2000), las especificaciones del SPS deben dividirse por diez. Existe una modalidad más precisa o Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS), pero es accesible solamente para usuarios autorizados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). Si se necesita un posicionamiento de mejor calidad existen varias alternativas, la mayoría usan el método diferencial y del observable más preciso que da el sistema, la fase de la portadora.

En el método diferencial se deben calcular las coordenadas de nuevos puntos, respecto al menos una estación de referencia que debe tener coordenadas conocidas *a priori*, a partir de observaciones simultáneas en todas las estaciones o pares de ellas conformando una red. La situación deseable es que el cálculo diferencial no se encuentre afectado por errores sistemáticos apreciables. En ese caso, la exactitud de las coordenadas calculadas estará dada por la de las coordenadas *a priori* de la estación de referencia y la calidad de los modelos empleados en el cálculo. La precisión de las mismas, en cambio, estará determinada por la del observable utilizado y la distribución de los satélites en el espacio. El usuario debe ser capaz de controlar la incidencia de los errores sistemáticos en el cálculo de sus vectores a fin de poder obtener una solución precisa y exacta (Moirano, 2000).

Aplicación de la tecnología GPS en estudios de Ecología Microbiana aplicada a ecosistemas agrícolas

Los estudios de Ecología Microbiana Aplicada tienen como objetivos cumplimentar y actualizar los aspectos teóricos y prácticos de la aplicación de la Ecología Microbiana, mediante el análisis de los ecosistemas naturales y extremos y las comunidades microbianas que habitan en ellos (Martí *et al.*, 2009). Los métodos de trabajo en esta rama de la ciencia abarcan tres aspectos fundamentales: la toma de muestra, el procesamiento de la muestra y el aislamiento e identificación de los grupos microbianos presentes en la muestra (Almaguer *et al.*, 2009).

El uso de la tecnología GPS dentro las metodologías de trabajo de Ecología Microbiana han constituido una herramienta útil en la caracterización de los ecosistemas en estudio. Con su empleo se realiza la localización geográfica de cada uno de los puntos de muestreo y el cálculo de las áreas en estudio, aspectos que permiten una adecuada toma de muestra (Almaguer *et al.*, 2008). También puede ser aplicada en estudios de interacción planta-patógeno para la predicción y el manejo integrado de las enfermedades de las plantas (Agrios, 2005), con ello se logra aplicar productos químicos y biológicos de forma adecuada y racional, solamente en las áreas que se encuentran afectadas por los patógenos.

Teniendo en cuenta que muchos microorganismos patógenos se diseminan a través del viento, los estudios aerobiológicos pueden constituir una herramienta útil para determinar las dinámicas estacionales de los patógenos en la atmósfera e indicar cuando la concentración de los mismos estará sobre el umbral de riesgo para un determinado cultivo (Ponti y Cavani, 1992; Kaprzyk, 2008). En este sentido resulta de gran utilidad la localización del sitio estudiado, ya que permite realizar una caracterización más exacta de la región, teniendo en cuenta las particularidades de su posición geográfica, además de las condiciones climáticas y biológicas del ecosistema.

Rives *et al.* 2007 y Almaguer *et al.* 2008, utilizaron receptores GPS para la caracterización de un agroecosistema arrocero sembrado con el cultivar J-104 y detectaron la presencia de *Pyricularia grisea* en el área objeto de estudio (**Fig. 3**). Este es un patógeno que se encuentra presente en el ecosistema aéreo y su localización exacta a partir de monitoreos sistemáticos permite establecer sistemas de alarma a los productores para evitar la diseminación de la enfermedad en las áreas circundantes.

El área estudiada se encuentra ubicada en las terrazas experimentales del Instituto de Investigaciones de Arroz (IIA). El IIA se encuentra al noroeste de la provincia La Habana, en el Km 16 ½ de la Autopista Novia del Mediodía, en el Municipio Bauta, en las coordenadas planas rectangulares X: 349 161.90 m; Y: 348 154.80 m, obtenidas del mapa topográfico a escala 1: 25 000. En el área predomina el relieve llano y tiene una red fluvial adecuada para el cultivo del arroz.

La localización de los sitios de muestreo fue determinada con la utilización de la tecnología de GPS (SR20) de la firma *Leica Geosystem A. G.*, los cuales garantizan una precisión en la determinación de la posición de ± 10 mm + 2 ppm. Las coordenadas en cada uno de los vértices de las terrazas fueron obtenidas realizando mediciones en

modo absoluto en el sistema WGS84 con una frecuencia de captación de datos de un segundo y transformadas a planas rectangulares en Cuba Norte empleando los parámetros de transformación para Cuba y el Modelo Molodensky-Badekas (Rodríguez-Roche, 2001).

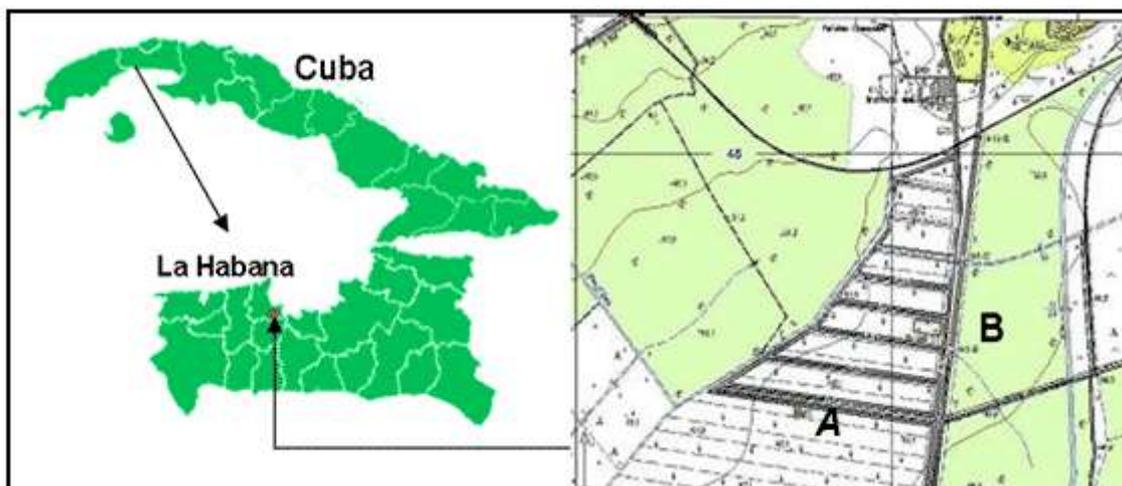


Figura 3. Localización geográfica del área objeto de estudio (delimitada en color rojo). A: Terraza 5 (X=349 161.90m; Y=348 154.80m). B: Terraza 11 (X=349 158.2m; Y=347 504.1m) (Tomado de Almaguer et al., 2008).

Por otro lado, Acebo *et al.* (2009), realizaron la caracterización de los principales grupos bacterianos asociados a *Thebroma cacao* con actividad antagonista ante *Phytophthora palmivora* en el jardín de variedades de la Estación de Café y Cacao de Baracoa. Estos autores demostraron que las pseudomonas fluorescentes se destacan por la mayor frecuencia de aparición y que desempeñan un papel fundamental en el control biológico de este patógeno. Para la localización geográfica de los puntos de muestreo en estudio se utilizó un receptor GPS topográfico de la firma GARMIN.

Esta tecnología también se ha empleado en estudios epidemiológicos para predecir las enfermedades de las plantas en diferentes áreas geográficas, permitiendo el monitoreo de los patógenos y el avance de la enfermedad en cultivos anuales y perennes (Agrios, 2005).

Aplicación de la tecnología GPS en la Agricultura de Precisión

La Agricultura de Precisión fue definida por Balastreire (1998) como un grupo de técnicas que permiten el manejo de un cultivo según cada sitio específico en que puede dividirse una parcela de terreno. Su desarrollo e implementación ha sido posible por la combinación del Sistema de Posicionamiento Global y el Sistema de Información Geográfica (GIS).

Estas tecnologías permiten que los agricultores puedan recopilar datos sobre sus terrenos de cultivo, ya sea durante la cosecha o previamente a ella, de tal manera que hoy por hoy los cultivos ya no han de ser necesariamente tratados como una superficie de terreno de características homogéneas, sino que pueden ser tratados acorde con sus características espaciales.

Es decir, se ha pasado de trabajar en kilómetros cuadrados a trabajar en metros cuadrados. Esto se ve traducido en una mejor aplicación de pesticidas, semillas, riego, etc. todo lo que conlleva un sustancial ahorro en costos variables de producción que, en su totalidad, compensan el gasto derivado del empleo de estas nuevas tecnologías.

Se distinguen tres tipos de variabilidad en lo referente a la Agricultura de Precisión:

- Variabilidad espacial: se ocupa de los cambios a lo largo del terreno de cultivo.
- Variabilidad temporal: muestra los cambios de un año a otro.
- Variabilidad predictiva: discrepancia entre los valores predichos y los actuales.

Un ejemplo concreto de la aplicación de las tecnologías GPS en la Agricultura, lo ofrece el caso de la producción de plátanos en Colombia, uno de los mayores exportadores mundiales de banano y plátano (112.000 acres). La Sigatoka Negra es causada por el hongo Ascomycete *Mycosphaerella fijiensis* y es la más dañina de las enfermedades que afecta a estos cultivos. Este hongo se desarrolla y ataca las plantas causando su muerte y eventual pérdida de las hojas, acelerando así el proceso de maduración de los racimos. El control de la Sigatoka Negra implica dos tareas primordiales: el control de las plantaciones y la fumigación aérea. Estas actividades son realizadas por la empresa Calima con el apoyo de herramientas GPS y Sistemas de Información Geográfica (GIS) para posicionamiento, recolección y procesamiento de información de campo (Alarcón y Castaño, 2006).

Consideraciones finales

La aplicación de tecnologías geodésicas de avanzadas, entre las que se destaca el uso de los GPS, permite obtener coordenadas tridimensionales por naturaleza geocéntricas, en un sistema de referencia global, tanto geográficas como cartesianas, con una alta calidad en cuanto a exactitud y en un corto período de tiempo (Garate *et al.*, 1996; Pérez *et al.*, 2001; Hoyer *et al.*, 2002; García-Díaz *et al.*, 2005; Rodríguez-Roche, 2004a; 2007), permitiendo su empleo en numerosas esferas de la vida actual.

Por otro lado, el mundo de la producción agrícola está siendo atraído cada vez más, por el incesante avance de la tecnología agropecuaria. Para aumentar la eficiencia de las tareas e insumos, es indispensable el aporte de los nuevos elementos desarrollados por la avanzada tecnología de las Telecomunicaciones, incorporadas a la Agricultura de Precisión (Lambert y Lowenberg-DeBoer, 2002).

Como parte de la estrategia de agricultura sostenible, se trata de lograr altos rendimientos del cultivo mediante una combinación adecuada de fertilizantes químicos y productos biológicos (Rives *et al.*, 2007), por lo que se buscan alternativas ecológicas, como los biofertilizantes, que favorecen al medio ambiente y al ecosistema. Para lograr el empleo de biofertilizantes factibles desde el punto de vista ecológico, se debe trabajar a partir de microorganismos autóctonos asociados a los agroecosistemas en estudio, de tal manera que se conozcan los grupos microbianos predominantes y se trabaje a partir de cepas conocidas en cultivos puros o consorcios microbianos, las que son obtenidas a partir de los métodos de trabajo utilizados en Ecología Microbiana (Figueroa *et al.*, 2009). Si se incluye la tecnología GPS dentro de estas metodologías se logrará la localización exacta de los sitios de muestreo y un mejor manejo de los ecosistemas agrícolas.

Conclusiones

El empleo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en el manejo de ecosistemas agrícolas sostenibles ha permitido lograr altos rendimientos de los cultivos mediante el adecuado balance de fertilizantes químicos y productos biológicos que favorecen al medio ambiente y al ecosistema. Los GPS más utilizados en estudios de Ecología Microbiana en Cuba son comercializados por las firmas *Leica* y *GARMIN*.

El uso de GPS en la Agricultura de Precisión permite la localización exacta de los patógenos a partir de monitoreos sistemáticos, lo que contribuye a establecer sistemas de alarma a los productores para evitar la diseminación de la enfermedad en las áreas circundantes, fundamentalmente cuando estos se transmiten por esporas que se diseminan por el viento como es el caso de *Pyricularia grisea*.

Referencias

- Acebo, Y, A. Hernández, M. Heydrich y M. El Jaziri (2009): Isolation of fluorescent pseudomonads from the rhizosphere of cacao (*Theobroma cacao*) with antagonistic activity against *Phytophthora palmivora*. stage report (june 4th -october 2nd , 2009). Laboratoire de Biotechnologie Vegetal. Université Libre de Bruxelles.19p.
- Agrios, G.N. (2005): Plant Pathology. Fifth edition. Academic Press. San Diego. 922p.
- Alarcón, J.J. y J. Castaño (2006): Reconocimiento fitosanitario de las principales enfermedades que afectan al banano. *Agronomía*, 14(1). 7p.
- Almaguer, M., T.I. Rojas y A. Hernández (2008): Perspectivas de los estudios aeromicológicos para la protección del cultivo del arroz. *Rev. Protección Veg.* 23 (3): 137-143.
- Colvin, T.S. y E.W. Kerkman (1999): Precision Agriculture requires precise tuning. *Precision Agriculture- Proceedings of the 4th international conference*. PP. 1083-1088.
- Dalda-Mourón, M.A., V.M. Cano, M.F. González y S.J. Sánchez (2003): IV Curso GPS para Geodesia y Cartografía. Cartagena de Indias. Colombia. 408p.
- Figueroa R., M.L. Suárez, A. Andreu, V.H Ruíz y M.R. Vidal (2009): Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Cayana* 73(1): 76-94.
- García-Díaz, J. (1997): Estudio del uso del GPS en el TOM. Ponencia en XII Forum de Ciencia y Técnica. GEOCUBA. 15 p.
- Holanda-Blas, H. y B. Bermejo (1998): GPS y GLONASS. Descripción y Aplicaciones. Madrid. 66p.
- Hoyer, M., E. Wilderman, L. Jiménez, H. Suárez, H.García (2004): Procesamiento de las mediciones satelitarias GPS del proyecto Densificación REGVEN. *Procesamiento Densificación PDVSA-REGVEN*. 6p.
- Huang, B. (2008): Analysis on the Construction of Agricultural Eco-engineering in China. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 27p.
- Kasprzyk I. (2008): Aeromycology-main research field of interest during the last 25 years. *Ann Agric Environ Med.*; 15: 1-7.
- Lambert, D.M. y J. Lowenberg-DeBoer (2002). statistical methods for precision agricultural data: case study of variable rate nitrogen on corn in Argentina. *Journal of Manufacturing & Service Operations Management (M&SOM)*. October. Special issue in Decision Technologies for Managing Agricultural and Food Businesses, edited by Tim Lowe (University of Iowa) and Paul Preckel (Purdue University). <http://www.mgmt.purdue.edu/centers/msom/>
- Martí, JA., M. Heydrich, M. Rojas y A. Hernández (2009): Aprendizaje por proyectos con TICs en Microbiología: una experiencia de innovación docente. Universidad 2010: Evento provincial Ciudad de La Habana, sede Universidad de La Habana. ISBN 978-959-16-1137-6 En: <http://revistas.mes.edu.cu/elibro>
- Moirano, F. J. (2000): Materialización del Sistema de Referencia Internacional en Argentina. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. La Plata. Argentina.199p.
- Ortiz-Marín, R., M.G. Río-Cidoncha, J. Martínez-Palacios y YC. Cobos-Gutiérrez (2008): Método para optimizar las mediciones topográficas con aparatos GPS. *Interciencia*. 32 (9): 1-10.
- Peñafiel, J. y J. Zayas (2001): Fundamentos del Sistema GPS y Aplicaciones en la topografía. Delegación Territorial de Madrid-Castilla-La Mancha. 135p. Ponti y Cavani, 1992;
- Ricardo-Desdín, S. y R. Acosta-Gutiérrez (2007): Perspectivas del empleo del Sistema Global de Posicionamiento (GPS) en el estudio de los movimientos recientes de las fallas activas de la corteza terrestre en la región niquelífera de Holguín. *Memorias. V Congreso Internacional Geomática 2007. Geo 105*. ISBN: 978-959-286-002-5:12p.
- Rives, N., Y. Acebo y A. Hernández (2007): Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). *Perspectivas de su uso en Cuba. Cultivos Tropicales*. 28(2): 29-38.
- Rodríguez-Roche, E., R. Olivera-Rodríguez., S. Ricardo-Desdín y L. Ortiz-Espino (2009): Experiencias en el empleo del GPS en la actualización topográfica a medianas y largas escalas. *Memorias. VI Congreso Internacional Geomática 2009. Geo 030*. ISBN:978-959-286-010-0: 10p.
- Rodríguez-Roche, E. (2001). Introducción de los resultados de la primera Campaña GPS en la Red Geodésica Nacional de 1er Orden. *Informe Técnico General. La Habana. Cuba*. 34p.
- Rodríguez-Roche, E. (2004): Metodología para el posicionamiento GPS. *Documento Técnico 30-35. Cuba. MET30-35:2004*. 62p.
- Sanjosé-Blasco, J.J., D.J. Atkinson-Gordo, A. Gómez Ortiz y F. Salvador-Franch (2007): Técnicas geodésicas y fotogramétricas aplicadas al análisis de la dinámica y cartografía del glaciar rocoso activo del corral del veleta (Sierra Nevada) durante el periodo 2001 - 2007. Parte I. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. MAPPING INTERACTIVO*. 9p.
- Zhang, R. (2007): Application of Information Technology in Precision Agriculture *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 6p.