

2015

Revista Técnica I.G.M.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR



6ª Edición - Abril 2015



Ministerio
de Defensa
Nacional



I N S T I T U T O

Geográfico Militar



¡ Con acreditación internacional !



100%
Calidad certificada.

- Toma de fotografía aérea,
- Apoyo fotogramétrico (control geodésico),
- Elaboración y comercialización de cartografía básica oficial.

El Instituto Geográfico Militar en cumplimiento a su misión de generar y regular la información y bases de datos Cartográfica, Geográfica del país, obtuvo la certificación ISO 9001:2008.

De esta manera se verá reforzada la confianza de nuestros usuarios actuales y potenciales, ya que las normas Internacionales ISO 9001 garantizan que los productos y servicios cartográficos, geográficos, seguridad documentaria y transferencia de conocimiento; sean generados con procesos seguros, confiables y con alta calidad técnica, aprovechando al máximo los recursos materiales y de talento humano, aumentando la productividad del IGM.

Instituto Geográfico Militar



años

1928 - 2015



Plaza Pedro Vicente Maldonado - IGM



Cnrl. de E.M.C.
ING. WILLIAM ROBERTO ARAGÓN CEVALLOS
DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO
MILITAR

El Instituto Geográfico Militar alineado a las políticas de la seguridad y defensa y consecuente con su responsabilidad orientada a la investigación y generación cartográfica, geográfica y seguridad documentaria en apoyo a la planificación y desarrollo del país, al cumplir **87** años de creación institucional, realiza esta publicación técnica – geográfica, como un medio de difusión de investigaciones y trabajos aplicativos que realizan sus profesionales y técnicos en las ciencias geoespaciales, mediante la difusión de trabajos, fruto de la aplicación óptima de los adelantos de la ciencia y tecnología implementados en nuestra institución, informes inéditos o avances de investigación que están relacionados con nuevos procesos y conocimientos implantados en la toma de fotografía aérea digital, red de monitoreo continuo con la red GNSS del Ecuador, restitución aerofotogramétrica y de temática geográfica en general. Además con esta acción se facilita la comunicación con profesionales de

otras instituciones, compartiendo experiencias, métodos, conclusiones y otros, que permitan un mejor conocimiento y organización espacial en términos racionales, para su posterior uso con investigadores, docentes, estudiantes en las Universidades con Carreras o Departamentos de investigación.

El proceso de selección de las temáticas en esta publicación, nos ha permitido establecer relaciones entre diversas entidades, que en conjunto constituyen la visión e imagen de un Estado progresista en la ciencia, en la que se utiliza como herramienta fundamental la simplicidad, con la cual se pretende aumentar su comprensión.

Por lo que antecede, los contenidos de la presente edición, manifiestan variedad en cuanto al enfoque teórico y práctico, proporcionando descripciones resumidas de estudios y aplicaciones técnico-profesionales en el campo geodésico, cartográfico y temático, que construyen hipótesis sólidas corroboradas en la práctica con metodologías para el análisis.

De igual manera realiza los esfuerzos que este Instituto realiza en el campo del Sistema de Seguridad Documentaria.

El Instituto Geográfico Militar se destaca en ámbito de la cartografía por el perseverante trabajo que viene desplegando, sustento del edificio de la geoinformación para la sabia toma de decisiones y aporte a la construcción efectiva de la Sociedad del Buen Vivir.

“Unidos por la ciencia y el espíritu para el progreso del Ecuador”.



www.igm.gob.ec



IGM en la Antártica

ÍNDICE

Automatización de Procesos en Seguridad Documentaria mediante la Innovación de Equipos Existentes.	7
Nanotecnología: sus aplicaciones a la seguridad y defensa nacional.	13
Estimación de la humedad superficial del suelo mediante radar de apertura sintética.	23
Implementación del sistema LiDAR en el monitoreo y manejo de recursos forestales.	30
Análisis de la deformación superficial mediante la técnica SBAS para datos de radar de apertura sintética.	36
Análisis de calidad de imágenes de radar de apertura sintética, en la reducción de ruido speckle usando filtros espacio-temporales y multitemporales de media.	40
Vehículos aéreos no tripulados para uso cartográfico y su proyección al futuro.	46
Aplicación de redes neuronales artificiales como alternativa para aproximación de funciones y algoritmos en la solución de escenarios en el ámbito de Geo-Ciencias.	51
Econometría Espacial: cuantificando y estimando las relaciones en el espacio.	56
Aproximaciones iniciales sobre la dinámica productiva de la Parroquia Fátima del Cantón Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana.	62
Atlas Electrónico Geográfico Ambiental del Ecuador, Bilingüe Español - Kichwa.	68
Scriptcase: Un Generador de desarrollo rápido de aplicaciones Web.	72
El Proceso de desarrollo rápido de aplicaciones (DRA) de Software: Un aporte práctico en el Instituto Geográfico Militar.	78
El Centro Cultural del Instituto Geográfico Militar como ente de difusión de la producción científica.	86
Geografías sin fronteras. Una cuestión de modelos y escalas.	90
Aportes, diagnóstico territorial y posibles soluciones a la problemática espacial de una parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito.	97



Vista Panorámica IGM

Garcés, Luis
Gestión de Seguridad Documentaria, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador
luis.garces@mail.igm.gob.ec,
gareduluis@outlook.com

RESUMEN

El IGM cuenta con la capacidad técnica y tecnológica para generar documentos inteligentes, desde el proceso de impresión de seguridad de las características físicas de los documentos hasta el ensamblaje del chip inteligente con la antena RFID. En la producción de documentos de identidad inteligentes, uno de los procesos más críticos es el del ensamblaje de chip con la antena RFID, donde se debe garantizar el correcto funcionamiento del circuito integrado. En este artículo se pretende describir el diseño e implementación de un sistema automático que permita realizar un proceso de control de calidad de ensamblaje de chips con las antenas de los eID's, mediante la conversión de equipos ya existentes en el Instituto, utilizando una máquina de dos ejes de movimiento (X,Y) sobre el plano horizontal, que permite el posicionamiento preciso sobre los chips de la lámina y lectores RFID. El resultado es un sistema que permita realizar el control de calidad de hasta tres láminas a la vez, en un tiempo menor en comparación a lo que le tomaría a un operador realizar de manera manual con un lector RFID.

Palabras claves: *Transreceptores RFID, Control de calidad.*

ABSTRACT

The Military Geographic Institute (IGM, by its Spanish acronym) holds technological skills and the “know how” at all stages of the production value chain to produce smart documents including the printing process as well as the construction of smart chips along with the RFID antenna. The assembly process

of the chip along with the RFID antenna is crucial for a successful production process of smart documents. This article describes the design and implementation of an automatic system for quality control of the assembly of the chip and the antenna. The system has been developed and adapted to an outdated plotter. The economic and time savings for quality control are substantial and constitute a milestone in the innovation process in the production of smart documents.

Key words: *Transreceptors RFID, Quality Control*

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los documentos de identidad tanto la cédula electrónica como el pasaporte electrónico son parte esencial de la cadena de confianza en la seguridad de un sistema de identificación, permitiendo garantizar y acreditar fehacientemente la identidad de las personas y desde otro punto de vista, una puerta de acceso a derechos fundamentales, necesarios para que los ciudadanos puedan llevar una vida digna.

Este tipo de documentos cuentan con características de seguridad físicas y lógicas, que mediante la implantación de un chip inteligente permite guardar información, autenticar al portador del documento, verificar datos, y hasta generar firmas electrónicas, siendo así un elemento idóneo para incrementar el uso de servicios en línea del gobierno electrónico e incrementando la eficiencia y eficacia de la gestión pública,



Figura 1. Inlay (Conjunto antena Chip)

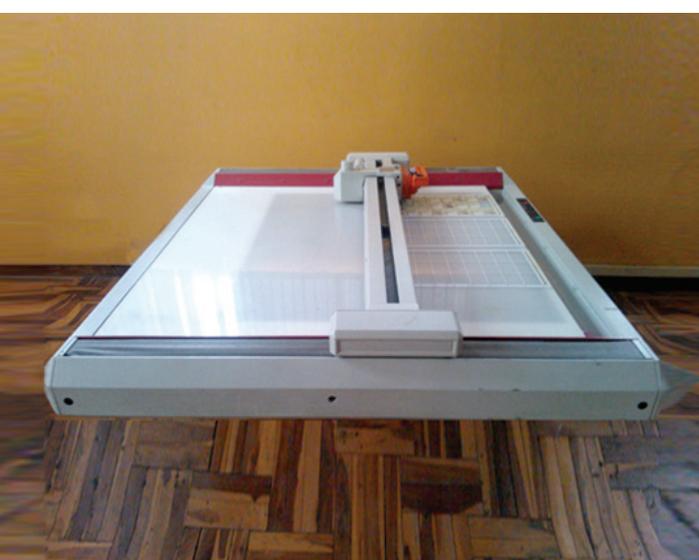


Figura 2. Mesa WILD TA 10

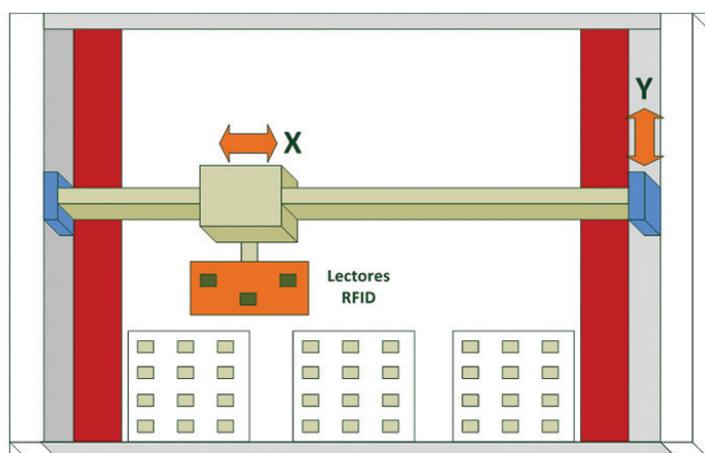


Figura 3. Esquemático de mesa WILD TA 10 y componentes

siempre garantizando la protección de la información de las personas.

En la producción de documentos de identidad inteligentes, uno de los procesos más críticos es el del ensamblaje de chip con la antena RFID, donde se debe garantizar el correcto funcionamiento del circuito integrado, ya que en este punto los chips están expuestos, y es posible su recuperación en caso de que existiera alguna falla. Considerando que los chips son los elementos de mayor valor económico en el eID, es de vital importancia reducir las pérdidas, esto se lo realiza mediante la exposición del conjunto antena-chip en el campo de alcance de un lector RFID. Si el chip responde al comando básico ATQ (del inglés Answer to request), se garantiza que ha sido correctamente ensamblado.

En la fabricación de los eID's, el ensamblaje del chip con la antena de radio frecuencia sobre un sustrato no absorbente se lo conoce como Inlay (por ser la capa interna del documento) o transreceptor (dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor contenidos en el mismo módulo) como se muestra en la Figura 1.

Para poder implementar este nuevo sistema de control de calidad de transreceptores, se utilizará como elemento principal una mesa usada antiguamente en un proceso cartográfico modelo Wild TA 10, que gracias a sus características mecánicas y electrónicas nos permite ubicar con precisión el lector RFID en las posiciones indicadas, sobre la lámina de transreceptores. Figura 2.

El proyecto consta de dos etapas:

Primera Etapa: Adaptación de la mesa Wild TA-10 (WILD TA-10, User Manual) y desarrollo de software para posicionamiento de lectores sobre los transreceptores de manera precisa, así como también realizar adaptaciones de hardware como son el ensamblaje y montaje de antenas RFID sobre el cabezal de la mesa Wild TA-10, de igual forma un puntero para marcado de transreceptores no conformes.

En el presente artículo se detalla un análisis de las características de la mesa WILD TA 10, posteriormente, se plantea una solución dentro del componente de innovación tecnológica para realizar la modificación de la mesa WILD TA 10, diseño e implementación de hardware y desarrollo de software; finalmente se realiza un análisis técnico-económico de la aplicación específica del control de calidad del ensamblaje del chip con la antena de los eID's.

ANÁLISIS DE LA MESA WILD TA 10

La mesa WILD TA 10 es una máquina horizontal con dos ejes de movimientos (X,Y), los cuales tienen una resolución direccionable de 0,02 mm, más de lo requerido para la aplicación de colocar los lectores sobre las láminas con transreceptores. Figura 2

Antiguamente esta máquina era utilizada para la trazado de elementos geográficos para la generación de negativos de impresión de mapas, al modificar y controlar este equipo existe la posibilidad de brindar una alternativa de una solución técnica y económicamente viable, para proporcionar un nuevo uso a dicha máquina que salió de producción cartográfica.

Las características de la máquina permiten adaptarla de manera adecuada a la producción industrial requerida, permitiendo acceder al control de posición con buena precisión con un computador mediante interfaces gráficas de fácil uso, orientado a la operación del nuevo equipo modificado.

SOLUCIÓN PROPUESTA

Para poder implementar el sistema de control de calidad de transreceptores se escogió trabajar con la mesa Wild TA 10, que gracias a sus características mecánicas y electrónicas nos permite ubicar con precisión los lectores RFID en las posiciones indicadas sobre la lámina de transreceptores, esto permitirá controlar de manera precisa los movimientos de los

lectores sobre las láminas para determinar cuáles están en buenas condiciones. Figura 3.

De la figura anterior, se puede observar la adaptación de tres lectores RFID sobre el cabezal de la máquina, así como también se puede apreciar las posiciones de las tres láminas de transreceptores sobre la mesa, cabe señalar que las posiciones de las láminas serán constantes. Figura 4

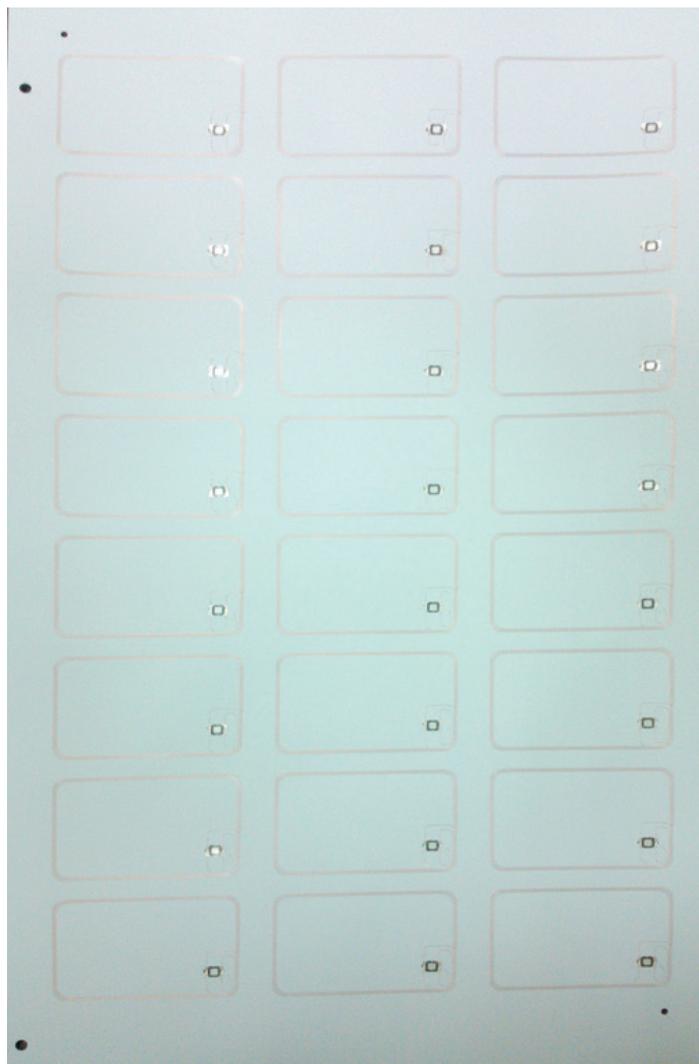


Figura 4. Lámina de transreceptores

Para controlar los movimientos de la máquina WILD TA 10, se desarrolló un software que establece comunicación con el microcontrolador de la máquina a través del UART (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), este software está estructurado como una máquina de estados o un autómata finito, donde las salidas dependen no sólo de las



Figura 5. Interfaz de módulo de control de calidad 1



Figura 6. Interfaz de módulo de control de calidad 2

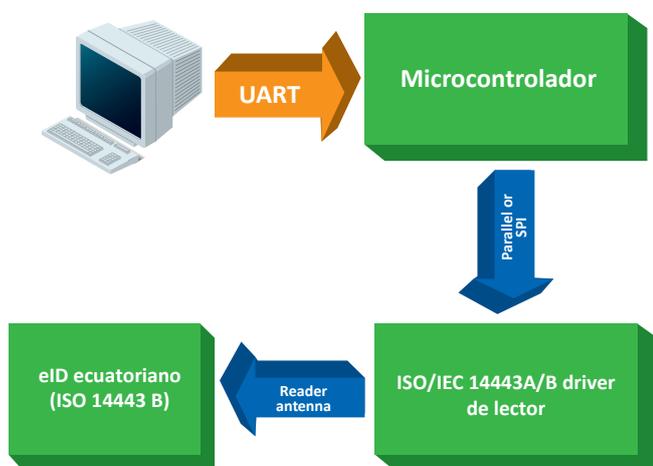


Figura 7. Esquema de comunicación entre PC, microcontrolador y driver para antenas ISO/IEC 14443 A/B.

señales de entradas actuales sino también de las anteriores. (Barnet et al., 2007)

Dentro de la máquina de estados desarrollada, se contempló que se posicione los lectores sobre los transreceptores de manera precisa, por lo cual se establecieron arreglos constantes que según la selección de las láminas se posiciona de manera correcta.

La integración entre la máquina y el software de control permite la inicialización, selección de láminas, selección de modo de posicionamiento automático o manual de los lectores, determinación del estado de tres transreceptores a la vez, marcado de transreceptores malos, inicio, paro; estas funciones se pueden apreciar en la Figura 5.

A continuación se describe cada una de estas funciones mencionadas.

Inicialización:

Coloca el cabezal de la mesa WILD TA 10 en la posición inicial (x,y) en (0,0), y establece la comunicación con el microcontrolador que gobierna el driver para comunicación ISO 14443 A/B con el transreceptor.

Selección de láminas:

Permite seleccionar de manera independiente o en conjunto las láminas sobre las que se desea realizar el control de calidad, en tres posiciones predefinidas, marcadas en verde las seleccionadas, como se muestra en la Figura 6.

Selección modo de posicionamiento automático o manual de los lectores :

Permite el posicionamiento de manera automática en función de la lectura de los estados de los transreceptores; en modo manual, se colocan los lectores en posiciones predefinidas, con fines de evaluación.

Determinación del estado de tres transreceptores a la vez:

Mediante la utilización de lectores RFID que soportan el protocolo ISO/IEC 14443 B, se determina la respuesta a la reinicialización (ATR del inglés answer to reset) de cada uno de los transreceptores, lo cual determina si el chip ha sido ensamblado correctamente, los tres estados son enviados a la vez al software de control los cuales, estos son almacenados en una matriz, para luego ser utilizados y marcar los transreceptores que no presenten un ATR (ISO/IEC 14443-1, Identification cards, 2008).

Marcado de transreceptores malos:

Luego de que los estados de una lámina completa de transreceptores (24 por lámina) han sido evaluados, se procede a marcar con un puntero con tinta los que están considerados como malos utilizando la matriz previamente generada, de esta manera el operador puede identificar los transreceptores no conformes, con la finalidad de que se pueda recuperar el chip.

Inicio:

Habilita el proceso de posicionamiento de los lectores y verificación de los transreceptores de manera automática.

Paro:

Detiene todo el proceso automático.

Para establecer la comunicación con los transreceptores se implementó un sistema mediante un microcontrolador de 8 bits, que soporta comunicación directa con un computador, este microcontrolador tiene la función de gobernar el driver para comunicación bajo el protocolo ISO 14443 A/B, según el siguiente esquema de la figura 7.

Por el momento se está trabajando con una plataforma ya elaborada para el circuito de la antena, pero en un futuro se pretende desarrollar la antena en su totalidad (figura 8).

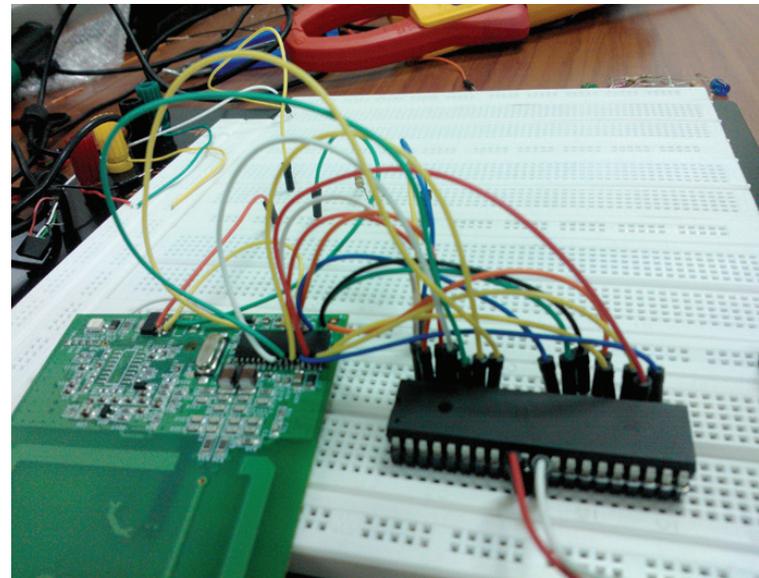


Figura 8. Prototipo para control de driver de antena ISO/IEC 14443 A/B con microcontrolador

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

El desarrollo de aplicaciones, equipos y maquinaria para documentos inteligentes requiere de un conocimiento de programación a bajo y alto nivel, así como también de cifrado de datos con algoritmos de llave pública, este esfuerzo del IGM para adentrarse en este tipo de tecnología, se encuentra enmarcado en lo que actualmente se denomina el cambio de la matriz productiva, en la sustitución selectiva de importaciones, en agregar real valor a los productos elaborados en el país, demostrando la capacidad interna para buscar nuevas alternativas en beneficio de la nación.

Existen diferentes soluciones para la automatización de este proceso, ello requiere un análisis cuidadoso de las características de producción, en este caso se implementó un modo operacional de mando, por lo que se ejerce acciones de supervisión y control, con realimentación digital en lazo cerrado de posición del cabezal de la mesa (Bonilla, 2008).

De manera referencial se podría decir que el costo de un sistema similar adquirido oscila entre \$20.000 y \$35.000 más los costos de mantenimiento que involucra personal extranjero, mientras que el costo de la reutilización de maquinaria y equipo ya existente, más la ingeniería de adaptación e integración podría alcanzar miles de dólares.

CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene por objeto desarrollar tecnología, dentro del ámbito de la innovación, respecto a soluciones para producción de documentos inteligentes, documentos electrónicos de seguridad y el desarrollo de la tecnología alrededor de las eID's como un esfuerzo conjunto entre varios sectores.

El impacto en la fuerza laboral es nulo, dado que el personal que está realizando de manera manual este procedimiento de control de calidad de transreceptores, sería el mismo que opere la máquina. Esta modernización implica la capacitación del personal, con lo cual se incrementa sus capacidades de operación con mayor producción y menos desperdicio de material.

Se optimiza la producción, reduciendo de manera significativa la cantidad de material no conforme, representando un ahorro en los procesos productivos.

Se mejora la trazabilidad de los módulos chips en el proceso de fabricación de tarjetas, ya que a la vez que se realiza el control de calidad, se registran los seriales únicos de cada chip que entra en producción.

El desarrollo de este tipo de tecnología en el país impulsa a su divulgación e implementación en diferentes aplicaciones, incluso en el desarrollo de dispositivos que interactúen con los documentos electrónicos de seguridad ciudadana tipo cédula y pasaporte electrónico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WILD TA 10 User manual, WILD Plotter AG, Switzerland

Barnet, Cox and O'Cull. Embedded C Programming for Atmel AVR, segunda edición, Canadá, 2007.

ISO/IEC 14443-1, Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Proximity cards, Second edition, 2008.

Bonilla, R. Sustitución o reconversión de maquinaria en las PYME: alternativas de desarrollo, 2008.

Porras, Luis
Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto
Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito – Ecuador
luis.porras@mail.igm.gob.ec

NANOTECNOLOGÍA: SUS APLICACIONES A LA SEGURIDAD Y DEFENSA NACIONAL.

RESUMEN

Nanotecnología es identificada como el área relacionada a la investigación y al desarrollo tecnológico a niveles atómico, molecular y macromolecular. La nanotecnología promete cambios tecnológicos revolucionarios para una amplia gama de aplicaciones militares y plataformas. Las tecnologías incorporadas dentro de las plataformas que están directamente relacionadas con el ámbito de la defensa incluyen: la aerodinámica, la movilidad, el sigilo, la detección, la generación de energía y la gestión, estructuras y materiales inteligentes, resistencia y robustez, etc. Además, las nanotecnologías tendrán impacto en sistemas de batalla que se ocupan de la información y el procesamiento de señales, la autonomía y la inteligencia. En este trabajo se describirán algunas de las aplicaciones de los nanomateriales aplicados al sector defensa y a la seguridad nacional.

Palabras claves: *Nanotecnología, nanomateriales, puntos cuánticos, seguridad nacional.*

ABSTRACT

Nanotechnology is identified as the area related to research and technology development at the atomic, molecular and macromolecular levels. Nanotechnology promises revolutionary technological changes for a wide range of military applications and platforms. Technologies to be incorporated into the platforms that are directly related to the field of defense and this include aerodynamics, mobility, stealth, detection, power generation and management, smart structures and materials, strength and

toughness. In addition, nanotechnology will impact battle systems dealing with information and signal processing, autonomy and intelligence. This paper describes some applications of nanomaterials applied to the defense sector and national security.

Keywords: *Nanotechnology, nanomaterials, quantum dots, homeland security.*

1. NANOTECNOLOGÍA Y NANOMATERIALES

La Nanotecnología es el estudio, síntesis, manipulación, aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales, además de la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala (Venturini, 2009), entendiendo, nanoescala como la mil millonésima parte del metro (10^{-9} m ó 1E-10). Es la manipulación por ingeniería de los átomos y moléculas de una manera definida por el usuario y repetible para construir objetos con ciertas propiedades deseadas.

Nanotecnología se identifica como el área relacionada a la investigación y al desarrollo tecnológico a niveles atómico, molecular y macromolecular. La teoría molecular de la materia inicia con la mecánica cuántica y la mecánica estadística, en donde ayuda a determinar el tamaño de la nube de electrones y de aquí el tamaño de los átomos (Behari, 2010). Las partículas en el rango *nano* exhiben propiedades físicas, químicas y biológicas las cuales pueden ser manipuladas para objetivos deseados.

En la fabricación de nanoestructuras es muy importante superar las energías superficiales totales para crear las nanoestructuras deseadas. Conforme se reduce la dimensión de los materiales nanoestructurados, se incrementan considerablemente las fuerzas de atracción de Van Der Waals. Sin los mecanismos de estabilización apropiados, es más probable que los materiales nanoestructurados formen aglomerados.

Los mecanismos de estabilización más ampliamente usados son la estabilización electrostática (estos sistemas son cinéticamente estables) y la estabilización estérica (en el, los sistemas son termodinámicamente estables).

Dentro de los tipos de nanomateriales se encuentran: Materiales cerámicos, nuevos materiales metálicos, polímeros avanzados, materiales magnéticos, nanomateriales, biomateriales, materiales para los láser, entre otros. En esta área, por lo tanto, se incluyen agregados atómicos (clústers) y partículas de hasta 100 nm de diámetro, fibras con diámetros inferiores a 100 nm, láminas delgadas de espesor inferior a 100 nm, nanoporos y materiales compuestos conteniendo alguno de estos elementos. La composición del material puede ser cualquiera, si bien las más importantes son silicatos, carburos, nitruros, óxidos, boruros, seleniuros, telurios, sulfuros, haluros, aleaciones metálicas, intermetálicos, metales, polímeros orgánicos y materiales compuestos.

Una de las clasificaciones propuestas más acertada para los nanomateriales los divide en base a sus dimensiones o a la de alguno de sus componentes (García, 2006). Se establecen así cuatro categorías: 0D, 1D, 2D y 3D, indicándose con esta nomenclatura cuántas de las dimensiones de la nanoestructura superan el rango de la nanoescala. Se consideran materiales nanoestructurados 3D a aquellos en los que se utilizan nanoestructuras (0D, 1D o 2D) como

bloques de construcción, replicándose en las 3 direcciones del espacio de forma ordenada.

La nanotecnología promete cambios tecnológicos revolucionarios para una amplia gama de aplicaciones militares y de plataformas. Las tecnologías incorporadas dentro de las plataformas que están directamente relacionadas con el ámbito de la defensa incluyen: la aerodinámica, la movilidad, el sigilo, la detección, la generación de energía y la gestión, estructuras y materiales inteligentes, resistencia y robustez, etc. (El-Fatry, (2007). Además, las nanotecnologías tendrán impacto en sistemas de batalla que se ocupan de la información y el procesamiento de señales, de la autonomía y la inteligencia. En cuanto a la tecnología de la información, en particular, se esperan sustanciales ventajas que incluyen la detección de amenazas, pantallas electrónicas y nuevos sistemas de interfaz.

2. SÍNTESIS Y FABRICACIÓN DE NANOMATERIALES

Los átomos o moléculas en superficies sólidas poseen unos cuantos vecinos o números de coordinación y así tienen enlaces expuestos a la superficie. Debido a estos enlaces en la superficie, los átomos o moléculas superficiales están bajo una fuerza dirigida del interior y las distancias de los enlaces de los átomos o moléculas superficiales es más pequeña que entre los átomos o moléculas interiores (Cao, 2004).

Cuando las partículas sólidas son muy pequeñas, el decremento en la longitud de enlace entre los átomos superficiales con respecto a los átomos interiores llega a ser significativo y los parámetros de red de las partículas sólidas completas muestran una reducción apreciable (http://www.academia.edu/6707917/FISICOQUIMICA_DE_SUPERFICIES_SOLIDAS_Las). La energía extra que poseen los átomos superficiales es llamada también energía superficial, energía libre superficial o tensión superficial y por definición, es la energía requerida para crear

una unidad de área de nueva superficie y está definida por:

$$\gamma = \left(\frac{\partial G}{\partial A} \right)_{n_i, T, P} \quad (1)$$

donde γ es la energía superficial, G es la energía requerida y A es el área superficial. En la nueva superficie creada, cada átomo está localizado en un medio ambiente asimétrico y se moverá hacia el interior debido al rompimiento de enlaces de la superficie, requiriéndose una fuerza extra para empujar los átomos superficiales de regreso a su posición original. Esta energía requerida para regresar a su posición original está dada por:

$$\gamma = \frac{1}{2} N_b \epsilon \rho_a \quad (2)$$

donde N_b es el número de enlaces rotos, ϵ es la fuerza de enlace y ρ_a es la densidad atómica superficial.

Para una superficie dada con área superficial fija, la energía superficial se puede reducir por los siguientes motivos.

1. Por relajación de la superficie, los átomos o iones superficiales cambian, lo cual ocurre más fácilmente en la superficie de líquidos que en la superficie de sólidos, esto debido a la estructura rígida de los sólidos.
2. Reestructuración superficial debido a la combinación de enlaces superficiales libres en nuevos enlaces químicos más rígidos.
3. La adsorción química o física en la superficie de especies químicas terminales que forman enlaces químicos o fuerzas de atracción débiles tales como las fuerzas electrostáticas o las fuerzas de Van Der Waals.
4. Cuando hay un cambio en la composición por impurezas en la superficie a través de la difusión en el estado sólido.

El cambio de potencial químico es igual al trabajo requerido para transferir un átomo de una superficie a otra. El potencial químico depende también del radio de la curvatura de una superficie, aunque también depende de que los átomos y moléculas sean superficiales o interiores. Cuando la masa se transfiere de una superficie plana a una superficie cóncava el potencial químico disminuye. Termodinámicamente, un átomo en una superficie convexa posee el potencial químico más alto, mientras que en una superficie cóncava tiene el potencial más bajo.

En el sintetizado de materiales por cristalización, la maduración Ostwald resulta en crecimiento normal del grano conduciendo a microestructuras homogéneas y con propiedades mecánicas inferiores de los productos. Típicamente algunos de los granos grandes crecen a expensas de los granos mucho más pequeños resultando en microestructuras no homogéneas.

En la fabricación de nanoestructuras es muy importante superar las energías superficiales totales para crear las nanoestructuras deseadas. Sin los mecanismos de estabilización apropiados es más probable que los materiales nanoestructurados formen aglomerados. Dos de estos mecanismos de estabilización más ampliamente usados son la estabilización electrostática (los sistemas son cinéticamente estables) y el otro mecanismo es la estabilización estérica (los sistemas son termodinámicamente estables).

Estabilización electrostática

Cuando un sólido emerge en un solvente polar o en una solución electrolítica, una carga superficial se desarrolla por uno o más de los siguientes mecanismos:

1. Adsorción preferencial de iones.
2. Disociación de especies cargadas superficialmente.
3. Substitución isomórfica de iones.

4. Acumulación o agotamiento de electrones en la superficie.
5. Adsorción física de especies cargadas en la superficie.

Para una superficie sólida en un medio líquido, la densidad de carga eléctrica superficial (o potencial de electrodo) está dada por la ecuación de Nernst (Shang, 2007):

$$E = E_o + \frac{R_g T}{n_i F} \ln a_i \quad (3)$$

donde E_o es el potencial del electrodo estándar cuando la concentración de los iones es la unidad, n_i es el estado de valencia de los iones, a_i es la actividad de los iones, R_g es la constante de los gases, F es la constante de Faraday y T es la temperatura.

Estabilización estérica

La estabilización estérica es también llamada estabilización polimérica y ofrece las siguientes ventajas sobre la estabilización electrostática:

1. Es un método de estabilización termodinámico, así que las partículas son siempre dispersables.
2. A muy grande concentración las partículas se distribuyen, y el medio de dispersión puede ser completamente agotado.
3. Es adecuado a sistemas de fase múltiple.

Comparando con el mecanismo de atracción eléctrica, la estabilización estérica ofrece una ventaja adicional en la síntesis de nanopartículas especialmente, con la distribución de tamaño uniforme que se requiere: la capa polimérica absorbida en la superficie de las nanopartículas sirve como una barrera a la difusión para su crecimiento, resultando en un crecimiento como difusión limitada en el subsecuente crecimiento del núcleo.

Las bases físicas para la estabilización estérica son:

1. Efecto de restricción de volumen proveniente del decremento en configuraciones posibles en la región entre las dos superficies cuando las 2 partículas se aproximan entre sí.
2. Efecto osmótico debido a la alta concentración de moléculas poliméricas adsorbidas en la región entre las 2 partículas.

En la fabricación de nanopartículas, no solo se requiere un tamaño pequeño si no que es necesario también que las nanopartículas resultantes tengan las siguientes características:

1. Tamaño idéntico en todas las partículas (también llamado monotamaño o distribución de tamaño uniforme).
2. Forma o morfología idénticas.
3. Composición química idéntica (tal como misma composición en el núcleo y la superficie).

La producción de nuevos nanomateriales se puede llevar a cabo mediante dos estrategias diametralmente opuestas. Por un lado, técnicas descendentes o "top-down" (reducción del tamaño de materiales másicos hasta límites nanométricos) (García, 2006; Koch, 2003). Dentro de los métodos más representativos tenemos:

- a) La evaporación térmica, que consiste en el calentamiento hasta la evaporación del material que se pretende depositar.
- b) El depósito químico en fase vapor que consiste, en la descomposición de uno o varios compuestos volátiles en el interior de una cámara de vacío (reactor), en o cerca de la superficie de un sólido para dar lugar a la formación de un material en forma de capa delgada o de nanopartículas.
- c) La preparación de clústeres gaseosos, que utiliza un láser pulsado de alta potencia para producir vapores atómicos metálicos que son acarreados en un gas inerte y posteriormente son depositados

en un óxido monocristalino u otro sustrato, bajo condiciones de ultra-alto vacío.

- d) La implantación de iones, que consiste en que los iones de un material pueden ser implantados en un sólido, cambiando por tanto las propiedades físicas y químicas de este último.

Una segunda estrategia para la producción de nanomateriales son las técnicas ascendentes o “bottom-up” (síntesis de nanomateriales mediante unidades de construcción más pequeñas) (García, 2006). Por lo general, inician con la reducción de los iones metálicos a átomos metálicos, seguido por la agregación controlada de estos átomos. Dentro de los métodos que aquí tenemos están:

- a) El método coloidal.
- b) Reducción fotoquímica y radioquímica.
- c) Irradiación con microondas.
- d) Utilización de dendrímeros.
- e) Síntesis solvotermal.
- f) El método sol-gel.

Las dispersiones de nanopartículas son termodinámicamente metaestables, debido a su muy alta área superficial, lo que representa una contribución positiva a la entalpía libre del sistema. La organización del sólido se consigue mediante el control preciso de las interacciones existentes entre los bloques de construcción, recurriéndose al autoensamblaje de dichos bloques para formar estructuras más complejas. La síntesis, modificación y funcionalización de estas nanounidades, así como el control de sus interacciones, condicionan la arquitectura final del material y con ello, sus propiedades.

3. LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS NANOMATERIALES

Entre las dimensiones en una escala atómica y las dimensiones normales, la materia condensada exhibe algunas características específicas notables que puedan ser perceptiblemente diferentes de

las características físicas de los materiales a granel (Behari, 2010). Algunas características conocidas de los nanomateriales se relacionan con diversos factores: por ejemplo, (I) fracción de átomos superficiales, (II) gran energía superficial, (III) confinamiento espacial, e (IV) imperfecciones reducidas.

- Los nanomateriales pueden tener una temperatura de fusión (o temperatura de transición de fase) significativamente más baja que el material en bulto, gracias a la enorme fracción de átomos superficiales.
- Las propiedades mecánicas de los materiales se ven mejoradas con la disminución de tamaño, incluso, son capaces de llegar a la resistencia teórica, gracias a la baja probabilidad de defectos a nanoescala.
- Las características ópticas de los nanomateriales pueden ser significativamente diferentes a las de los cristales en bulto.
- La conductividad eléctrica disminuye en una dimensión reducida debido a la dispersión de la superficie.
- Las características magnéticas de materiales nanoestructurados son diferentes a las de los materiales a granel.
- La autopurificación es una característica termodinámica intrínseca de las nanoestructuras y de los nanomateriales.

4. APLICACIONES DE LOS NANOMATERIALES AL SECTOR DEFENSA.

El uso militar de la nanotecnología conduce a una mayor protección, más letal, mayor resistencia y mejores capacidades de autoapoyo a los soldados. La nanotecnología mejora en gran medida algunas de las tecnologías existentes que son y serán montados en plataformas militares, creando así nuevas oportunidades operativas, ayudando a los ingenieros a hacer frente a algunas deficiencias (El-Fatratry, 2007).

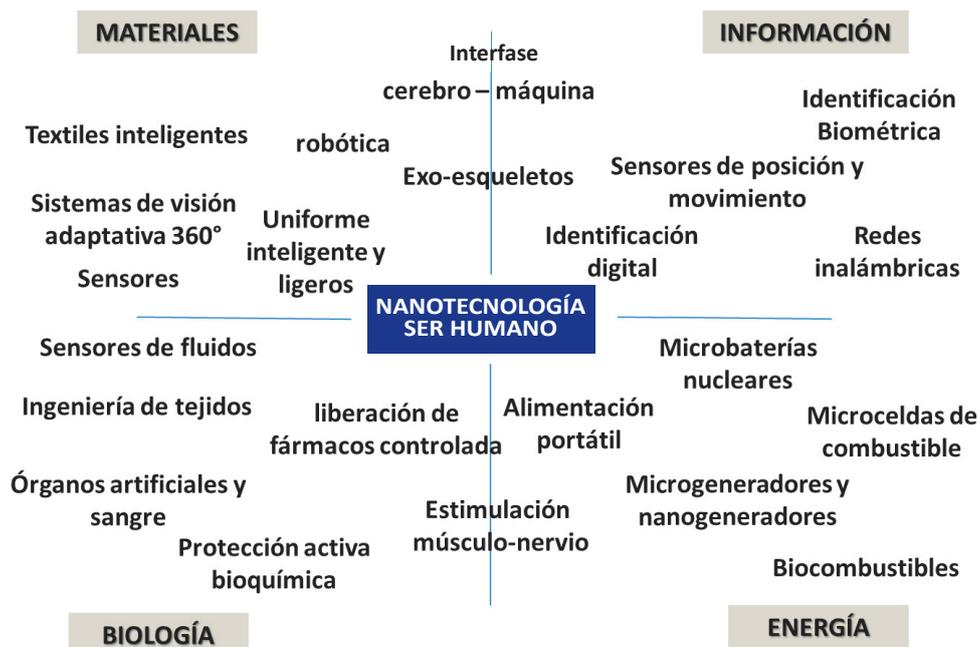


Figura 1. Aplicaciones de nanomateriales al desarrollo de funcionalidades del soldado.

Se espera que el futuro soldado de combate sea autosuficiente, altamente letal, dotado de inteligencia adicional y apoyo, protegido contra todo tipo de impactos de balística, radiológicos y agentes bioquímicos (Figura 1). Requisitos de peso reducido y de menor potencia proporcionan movilidad y funcionalidad mejorada que tiene interfaz abióticos / bióticos entre el cuerpo y el equipo.

Se desea equipar a los soldados de infantería del futuro con uniformes y equipo que puedan predecir su comportamiento fisiológico y proveer ciertas soluciones a protegerlos contra la guerra química y biológica, textiles de fibras avanzadas, materiales compuestos polímeros conductores, cambio de fase y nanomateriales electro-crómicos.

La nanotecnología permite las siguientes funcionalidades en los materiales para aplicaciones en trajes y uniformes del personal militar (Simonis, 2006):

- ligeros: de alta resistencia y nanocompuestos plásticos, estructuras biomiméticas para reducir el peso.
- componentes inteligentes: componentes y sensores con estado incorporado, tales

como los sensores de fibra óptica tipo redes de Bragg (Frövel, 2006) embebidos en material compuesto para medir deformaciones y temperaturas criogénicas.

- estructuras adaptativas: adaptación a condiciones cambiantes tales como la aerodinámica adaptativa, piel adaptativa, entre otros.
- sigilo: revestimientos de absorción de radar, camuflaje térmico.
- propulsores energéticos: por ejemplo, aluminio nano-dispersado como agente propulsor.

Los sistemas embebidos en los trajes de los soldados sirven para supervisar su estado médico y el nivel de estrés mediante la liberación de fármacos terapéuticos, hormonas, etc., según sea necesario, usando materiales inteligentes, mediante la compresión de las heridas. La energía para la comunicación podría ser generada por los movimientos normales del cuerpo (Altmann, 2004). Además se pueden tener electrodos conectados a los órganos sensoriales, los nervios sensoriales, los nervios motores o músculos para las respectivas áreas cerebrales de la corteza y así tener un control de funcionalidades.

Algunas de las aplicaciones que en el sector defensa puede influir la nanotecnología son (Simonis, 2006): Sensores de infrarrojos térmicos con sensibilidad mejorada, sensores inerciales y de posición portátil, de movimiento y de aceleración, sistema de cámara de visión miniaturizada y altamente sensible, sensores bioquímicos (operación remota o portátil), sensores de monitoreo de la salud (incorporado, continuo o inteligente), monitorización de estado de los equipos y municiones, superficies mejoradas tratadas con anti-corrosión, desgaste duro, revestimientos sin fricción, revestimientos de invisibilidad, materiales inteligentes, camuflaje adaptativo, estructuras adaptativas, entre otras (El-Fatratry, 2007).

La utilización de nuevos polímeros así como diseños de nanocompuestos y compuestos meso, permiten crear materiales moleculares que se pueden utilizar como traje de combate dinámico, lo suficientemente fuertes para soportar ondas de choque, así como un ataque balístico y que sean ligeros y suficientemente flexibles para permitir la movilidad del soldado. El desarrollo de sensores químicos y biológicos altamente sensibles y que se puedan integrar en el traje de combate. Materiales para mejorar la forma en como se detectan y tratan lesiones como hemorragias, fracturas o infecciones mortales. El desarrollo de formas de utilización de la vigilancia IR (infrarrojos) para detectar la presencia de agentes químicos u otras amenazas, a base de fibras o sistemas de puntos cuánticos de nanopartículas.

Las nano-cerámicas, materiales duros y estables que se aplican como recubrimientos discretos de átomos que son depositados por medio de un proceso reactivo de plasma, se utilizan en transbordadores espaciales y componentes de circuitos integrados entre otras y debido a su única estructura molecular, cuentan con selectividad solar intrínseca (<http://www.tesatel.com.mx>, 2015).

Sistema de defensa de satélite basado en la tecnología de puntos cuánticos

Investigadores han desarrollado un sistema usando puntos cuánticos para proteger los recursos espaciales como los satélites de los ataques con misiles. Ellos han desarrollado un señuelo que consta de puntos cuánticos de diferentes tamaños y formas que se han diseñado para emitir radiación que tiene un perfil de radiación similar a la del activo (Rani, 2014; Mintz, 2011).

Los investigadores proponen que una mezcla de puntos cuánticos, cuando se dispersa como una nube en el espacio, pueden actuar como un señuelo eficiente, por lo que incluso, dispositivos de sensores avanzados no pueden diferenciar entre el objetivo y el señuelo. La nube de puntos cuánticos puede ser creado ya sea por la explosión de un pequeño paquete de puntos cuánticos en suspensión en un gas inerte (argón / helio) o simplemente pulverización desde un tanque de almacenamiento (Rani, 2014).

Metamateriales para trajes o vestimentas invisibles

Para hacer un objeto invisible, este debe exhibir las mismas propiedades de dispersión de la radiación como la del vacío. En otras palabras, el dispositivo junto con el objeto a ser camuflado, no deben reflejar ninguna luz y al mismo tiempo no proyectar ninguna sombra. Los metamateriales estructurados artificialmente emergentes han permitido una flexibilidad excepcional en la manipulación de las ondas electromagnéticas y la producción de nuevas funcionalidades, las cuales han traído el antiguo sueño un paso más cerca de la realidad que es hacer un objeto invisible. Los metamateriales son compuestos que tienen propiedades que no pueden ser encontrados en la naturaleza. Estos metamateriales tienen capacidad para doblar la luz de manera diferente en comparación con los materiales convencionales que les permiten no ser reconocido por el ojo normal (Vadera, 2014).

El sigilo cuántico se logra, mediante el uso de metamateriales, que hace al objetivo completamente invisible, doblando las ondas de luz alrededor del metamaterial. Este metamaterial no solo elimina la radiación infrarroja (visión nocturna), la del espectro visible y las firmas térmicas sino también la sombra de destino. Se están haciendo esfuerzos adicionales para desarrollar una gama de nuevos metamateriales, extendiendo este concepto y haciendo invisible al objetivo en otras regiones del espectro electromagnético como microondas.

Desarrollo de Sensores (Khanna, 2008)

Los sensores en aplicaciones militares reúnen los datos que los investigadores esperan que den a los soldados la ventaja decisiva en el campo de batalla. Esta tecnología tiene una amplia aplicación en todo el área militar. Los investigadores médicos están desarrollando sensores a nivel fisiológico que pueden ayudar a los soldados a lograr "un rendimiento superior en los campos de batalla del futuro".

Los soldados del futuro podrán usar sensores para ayudar a detectar y prevenir amenazas tales como la deshidratación, la presión arterial elevada y retrasos cognitivos de la falta de sueño. Los

sensores también pueden detectar la exposición química a ambientes extremos. Los sensores están haciendo la flota de vehículos de tierra del ejército más inteligente, proporcionando un entorno de trabajo más seguro y más ágil para los soldados.

Los sensores y la conectividad interactiva que proporcionan al usuario, son un componente crucial para proveer vehículos más inteligentes, capaces de llevar a cabo acciones especiales bajo diversas condiciones ambientales en cualquier parte del mundo. Para llegar a donde el ejército quiere, los sensores deben proporcionar información de rendimiento que se puede calcular, analizar y llevar a cabo por medio de un vehículo en menos de 60 milisegundos.

Nanomateriales para buques de guerra

Se espera que los futuros buques sean ligeros, con inteligencia guiada, bajos en consumo de energía, seguros para los pasajeros y de alta comodidad (Simonis, 2006). También la inteligencia a bordo aumentará de forma continua, lo que facilita el control automatizado y mantenimiento. Los buques de guerra tienen requisitos adicionales con respecto a los sensores de detección y vigilancia, así como de sistemas de armas (Figura 2).

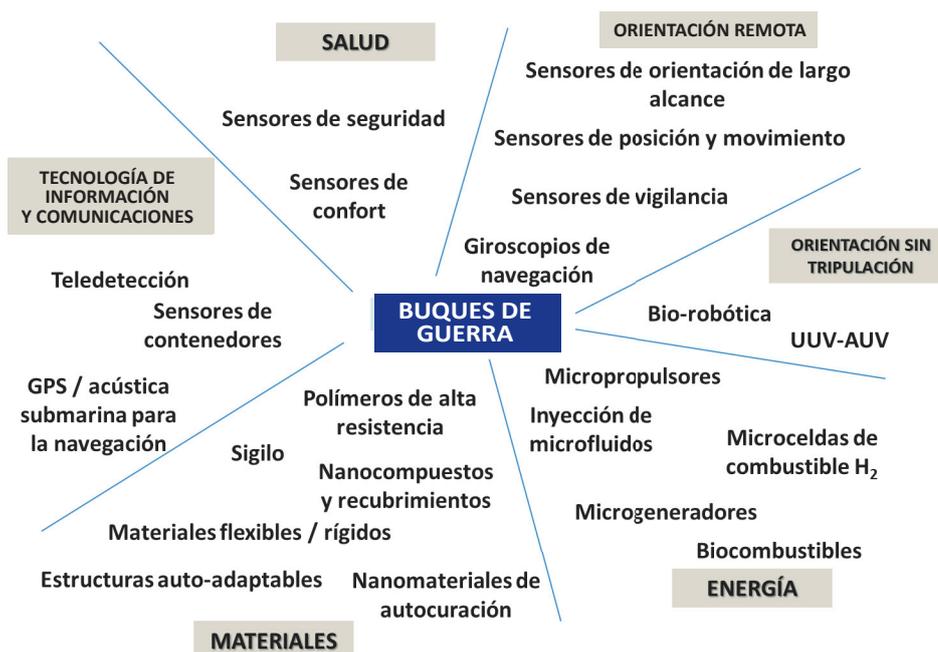


Figura 2. Aplicaciones de nanomateriales al desarrollo de funcionalidades en buques de guerra.

La nanotecnología permite el desarrollo de materiales para las siguientes funcionalidades en los buques de guerra:

- Alta resistencia: se esperan plásticos nanocompuestos sustituyendo al metal y por lo tanto reduciendo el peso y la firma espectral de radar.
- Componentes inteligentes: sensores de estado y de monitoreo de carga incorporadas, materiales autoreparadores.
- Estructuras adaptativas: estructuras activas que se adaptan a las condiciones cambiantes, como la dinámica de agua, flexibilidad etc.

5. CONCLUSIONES

Los avances científicos en la última década han demostrado el potencial de la nanotecnología dentro de un gran número de funciones aplicadas al sector defensa y la seguridad nacional: la defensa de la guerra biológica y química, materiales de alto rendimiento para las plataformas y armas (Figura 3), nuevos materiales energéticos, tecnología de la información, materiales revolucionarios para

la energía, vehículos autónomos y satélites en miniatura.

Dentro de los retos de la nanotecnología se considera que a través de un amplio espectro de áreas de investigación de la física, la química, la ciencia de los materiales, la biología, la microelectrónica, la ingeniería mecánica, sistemas de energía, entre otros, contribuyan a la creación, estudio y formación de nuevos materiales así como de materiales inteligentes. Además, la nanotecnología incluye la instrumentación de laboratorio, lo que ha permitido el trabajo a escala nanométrica.

La investigación en nanotecnología es verdaderamente global. La nanotecnología promete cambios tecnológicos revolucionarios para una amplia gama de aplicaciones militares. El reto se convierte en el seguimiento de la evolución y diseñar o modificar programas de investigación para entender las implicaciones de nuevos descubrimientos y las aplicaciones que de estos se originan.

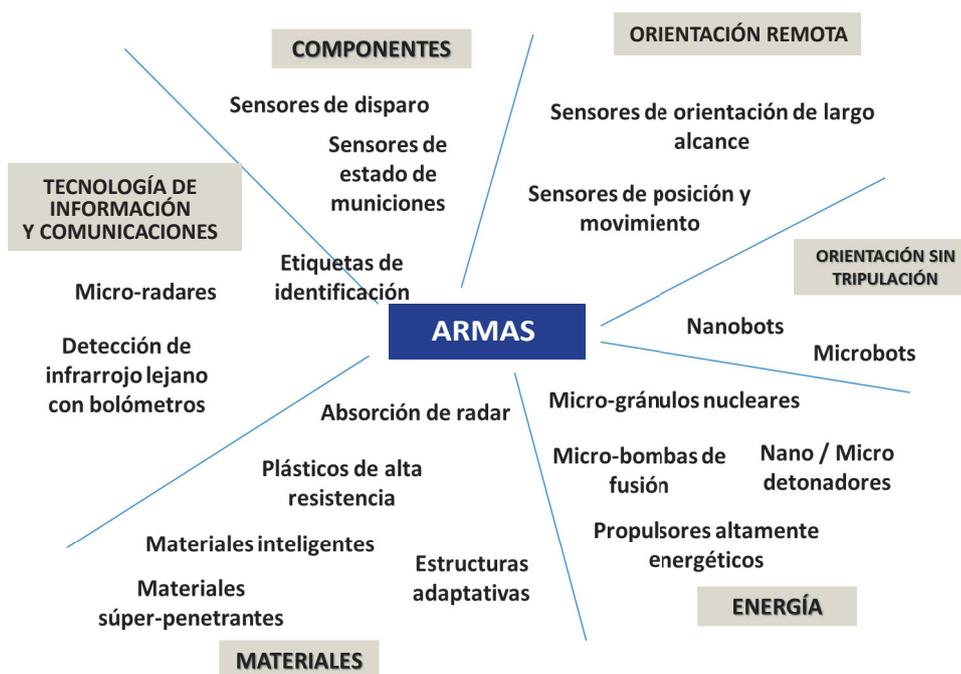


Figura 3. Aplicaciones de nanomateriales al desarrollo de armas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altmann, J. (2004). Military uses of nanotechnology: perspectives and concerns. *Security Dialogue*, 35(1), 61-79.

Behari, J. (2010). *Principles of nanoscience: An overview*.

Cao, G. (2004). *Synthesis, Properties and Applications*. Imperial college press, London.

El-Fatry, A. (2007) Defence Applications. In *Nanotechnology Aerospace Applications – 2006* (pp. 6-1 –6-6).

Frövel, M. (2006). *Sensores de fibra óptica tipo redes de Bragg embebidos en material compuesto para medir deformaciones y temperaturas criogénicas* (Doctoral dissertation, Aeronauticos).

García Martínez, J., Abellán Sáez, G., Carrillo Gómez, A. I., & Linares Pérez, N. (2006). *Nanomateriales para aplicaciones avanzadas*.

Khanna, V. (2008). Nanoparticle-based Sensors. *Defence Science Journal*, Vol. 58, No. 5, 608-616.

Koch, C. C. (2003). Top-Down Synthesis Of Nanostructured Materials: Mechanical And Thermal Processing Methods. *Reviews on Advanced Materials Science*, 5(2), 91-99.

Mintz, N., Skidmore, M., & Spariosu, K. (2011). U.S. Patent No. 7,916,065. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

PELÍCULA ESPECTROSELECTIVA DE NANOCERÁMICA PARA CONTROL SOLAR, BICAPA NT <http://www.tesatel.com.mx> (página visitada en el 2015).

Rani, I. S., & Mahajan (2014), Y. Quantum Dots to Protect Satellites from Missile Attacks. *Nanotech*, 16.

Shang, H., & Cao, G. (2007). Template-based synthesis of nanorod or nanowire arrays. In *Springer Handbook of Nanotechnology* (pp. 161-178). Springer Berlin Heidelberg.

Simonis, F., & Schilthuizen, S. (2006). *Nanotechnology; Innovation Opportunities for Tomorrow's Defence*, Report TNO Science & Industry Future Technology Center, the Netherlands.

Vadera, S.R., Kumar N. (2014). *Nanotechnology and Nanomaterials for Camouflage and Stealth Applications*. *Nanotech*, 18.

Venturini, V. M. (2009). *Inteligencia Ambiental y Nanotecnología: El paso del Bit al átomo*.

Torazza, Ariel
Gestión de Investigación y Desarrollo
Instituto Geográfico Militar
Seniargues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito - Ecuador
e-mail: ariel.torazza@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

Los sensores remotos en el rango de las microondas permiten monitorear la superficie del suelo con la ventaja de ser independientes de las condiciones de luz solar y del clima. Esto representa un gran potencial al momento de obtener las imágenes. Otra de las ventajas está relacionada al cambio de la conductividad del suelo cuando éste se humedece. Cuando sucede, la constante dieléctrica que lo caracteriza cambia. Este cambio en la conductividad dieléctrica implica un cambio en la señal retroreflejada y se manifiesta como un aumento (o disminución) de energía recibida por el sensor. En tanto, lo que se pretende en este trabajo, es evaluar las metodologías en función a los factores más influyentes y las misiones satelitales diseñadas en la región de las microondas.

Palabras claves: *Humedad del suelo, SAR, rugosidad, regresión empírica, detección de cambios, retrodispersión de una onda.*

ABSTRACT

The Remote sensors in the microwave range allow monitoring the soil surface with the advantage of being independent of the conditions of sunlight and weather. This represents a great potential when getting images. Another advantage is related to the change in conductivity of the soil when it is moistened. When it happens, the dielectric constant that characterizes changes. This change in dielectric conductivity implies a change in the retroreflected signal and is manifested as an increase (or decrease) of energy received by the sensor. The aim in this paper is to evaluate methodologies according

ESTIMACIÓN DE LA HUMEDAD SUPERFICIAL DEL SUELO MEDIANTE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA

to the most influential factors and satellite missions designed in the microwave region.

Keywords: *Soil moisture, SAR, roughness, empirical regression, change detection, wave backscattering.*

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos ecológicos se encuentran afectados mediante los cambios de humedad del Suelo (HS) existiendo un balance de energía entre este y la atmósfera. El monitoreo de las interacciones entre ambos ambientes ha ganado mucha atención en las últimas décadas. A gran escala, la humedad del suelo es una variable biofísica que interviene en procesos climáticos y meteorológicos, influyendo en las tasas de evaporación y transpiración. A media escala, influye en procesos hidrológicos como la generación de procesos de erosión y escorrentía, y desde el punto de vista agrícola determina el desarrollo de cultivos y las necesidades de riego. A escala pequeña o micro escala, tiene incidencia en la calidad de las aguas y en los procesos biogeoquímicos del suelo (Álvarez Mozos J. et al., 2005). De esta manera los sensores remotos (satelitales o aerotransportados) entran en juego y constituyen un medio posible para estimar la humedad del suelo. Ello es posible gracias a la posibilidad de contar con imágenes de cierta periodicidad. Sin embargo, a pesar de que numerosos estudios de estimación de humedad que se han desarrollado con imágenes ópticas, los resultados más prometedores se han obtenido empleando imágenes captadas por sensores de microondas (Engman, 1991; Ulaby et al., 1982; Solorza, 2013).

2. TELEDETECCIÓN EN EL RANGO DE LAS MICROONDAS

Las tecnologías de teledetección en el rango de las microondas han demostrado tener el potencial de detectar y monitorear cambios relativos al contenido de humedad de una superficie a tiempos regulares y en condiciones independientes del clima y la luz solar. Por este motivo se desarrollan en la actualidad muchos estudios en esta temática para el uso de esta tecnología que permiten mejorar las mediciones mediante, por ejemplo, la calibración de la señal de retrodispersión de un Radar de Apertura Sintética (SAR) o la calibración de Radar de Apertura Sintética discriminado por Polarización (POLSAR) (Torazza A. et al., 2006). La estimación de humedad del suelo con sensores SAR es compleja, ya que hay diversos factores que contribuyen a la señal de retorno del sensor. La emisión y retrodispersión de microondas del suelo depende en gran medida del contenido de humedad y está directamente relacionado con la constante dieléctrica del suelo (ϵ). La constante dieléctrica (o también llamada permitividad relativa) del suelo es un valor adimensional que en condiciones normales se encuentra con valores alrededor de 5, mientras que en suelos extremadamente húmedos ronda los 70.

Además de ϵ hay otros factores que influyen en el coeficiente de retrodispersión (σ^0) observado por el radar (Figuras 1 y 2). La presencia de vegetación es uno de los factores que pueden dificultar o impedir una correcta estimación de HS en los suelos subyacentes (Solorza, 2013).

3. UTILIDAD DE LA VARIABLE HS

La HS, definida como el agua almacenada en la capa superior de la superficie terrestre (Behari, 2005), constituye una importante variable a considerar dentro del sistema climático. Junto con los glaciares y los casquetes de hielo, el carbono y la biomasa, entre otros, está considerada como una variable climática

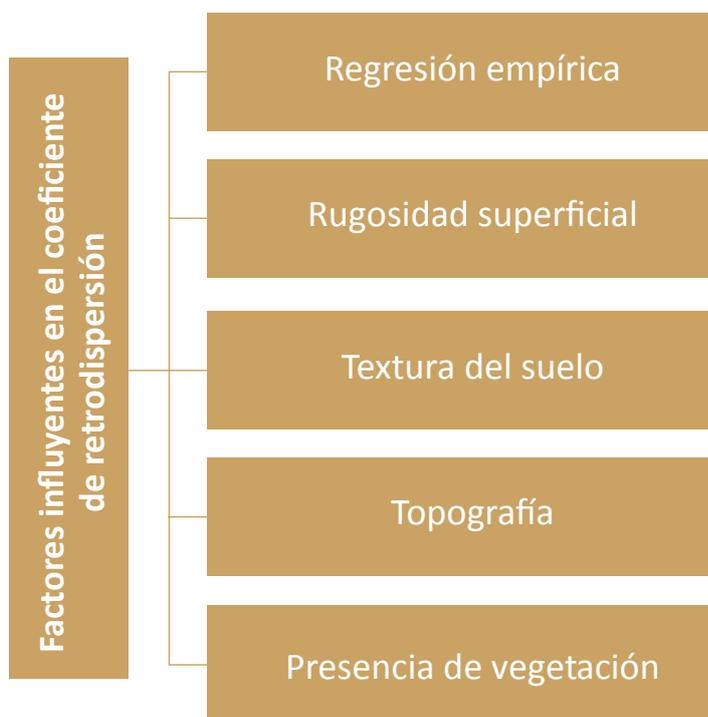


Figura 1. Factores influyentes en el coeficiente de retrodispersión σ^0 .

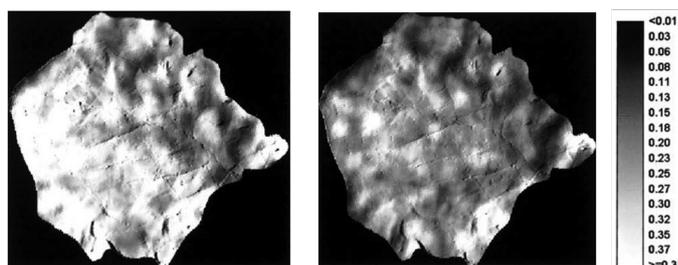


Figura 2. Imágenes RADARSAT-1 adquiridas sobre la cuenca (España) ya procesadas mostrando el coeficiente de retrodispersión σ^0 . 27/02/03 (izq.) y 06/03/03. (Álvarez Mozos J. et al., 2005).

esencial del dominio terrestre por el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS).

Del conocimiento de las variaciones de la HS es posible entender el comportamiento de otras variables como la temperatura del suelo y la ocurrencia de sequías e inundaciones. De allí que es un parámetro fundamental para un gran número de aplicaciones, incluyendo la evaluación de la sequía agrícola, el soporte informativo para problemáticas hidrológicas como aluviones y deslizamientos, la gestión

de recursos hídricos y la construcción de modelos epidemiológicos.

3.1. Requerimientos para Medir HS en Grandes Escalas

Es sabido que las mediciones locales de humedad están fuertemente afectadas por la variabilidad espacial. Más aún, el uso de modelos hidrológicos para pronósticos de humedad sobre grandes áreas no resulta fácil y depende de la homogeneidad de las áreas seleccionadas. Además resulta necesario contar con información relacionada a atributos como las propiedades del suelo (textura, salinidad, acidez, etc.), sus características hidráulicas, permeabilidad, etc. y también, disponer de datos atmosféricos y climatológicos para conocer la dinámica atmosférica regional. De allí que la posibilidad de medir HS a grandes escalas desde satélites, con una completa y frecuente cobertura de la superficie terrestre, resulta un tema extremadamente atractivo para la comunidad científica (Solorza, 2013).

Distintas investigaciones han demostrado que la humedad del suelo puede ser estimada desde una variedad de técnicas de percepción remota. Sin embargo, solo las microondas tienen la capacidad de medir cuantitativamente la humedad del suelo bajo una variedad de condiciones topográficas y de vegetación (Behari, 2005). La teledetección con microondas ha demostrado tener la capacidad de mapear y monitorear cambios relativos de humedad del suelo en grandes áreas, como así también la oportunidad de medir, a través de modelos inversos, valores absolutos de humedad del suelo.

La sensibilidad de la HS a las Ondas Electromagnéticas (OEM) en la frecuencia de microondas es un fenómeno bien conocido, aunque todavía está siendo estudiado por numerosos investigadores. De hecho, las primeras investigaciones llevadas a cabo en el tema, como las de Dubois et al. (1995),

entre otros, han demostrado que los sensores remotos que operan a baja frecuencia del espectro electromagnético, como en banda P o L, son capaces de medir la humedad en una capa del suelo y estimar la profundidad a la cual está presente.

4. PRINCIPALES MISIONES SATELITALES EN LA REGIÓN DE LAS MICROONDAS

Actualmente, la mayoría de los sistemas de teledetección a bordo de satélites (RADARSAT-2, COSMO Skymed, TerraSAR-X ver figura 3) operan en bandas C y X, las cuales no son las más adecuadas para la estimación de la humedad del suelo (ver figura 4). Si bien algunos estudios preliminares indican la factibilidad para estimar HS utilizando este tipo de sensores, y específicamente la nueva generación de sensores en banda X (Baghdadi et al., 2012), trabajar a esas altas frecuencias implica tratar con efectos de interferencia introducidos por la rugosidad de la superficie, y sobre todo, con la cobertura vegetal como parte de la señal de retrodispersión. Por lo tanto, en estas condiciones operacionales, una estimación de las variaciones espaciales de humedad representa todavía un desafío. Figura. 3



Figura 3. TerraSAR-X es un satélite radar de observación de la Tierra construido en el marco de la colaboración público-privada entre el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y EADS Astrium. TerraSAR-X fue lanzado el 15 de junio de 2007 y está operativo desde enero de 2008. El satélite Terra SAR-X adquiere imágenes de radar de alta resolución.

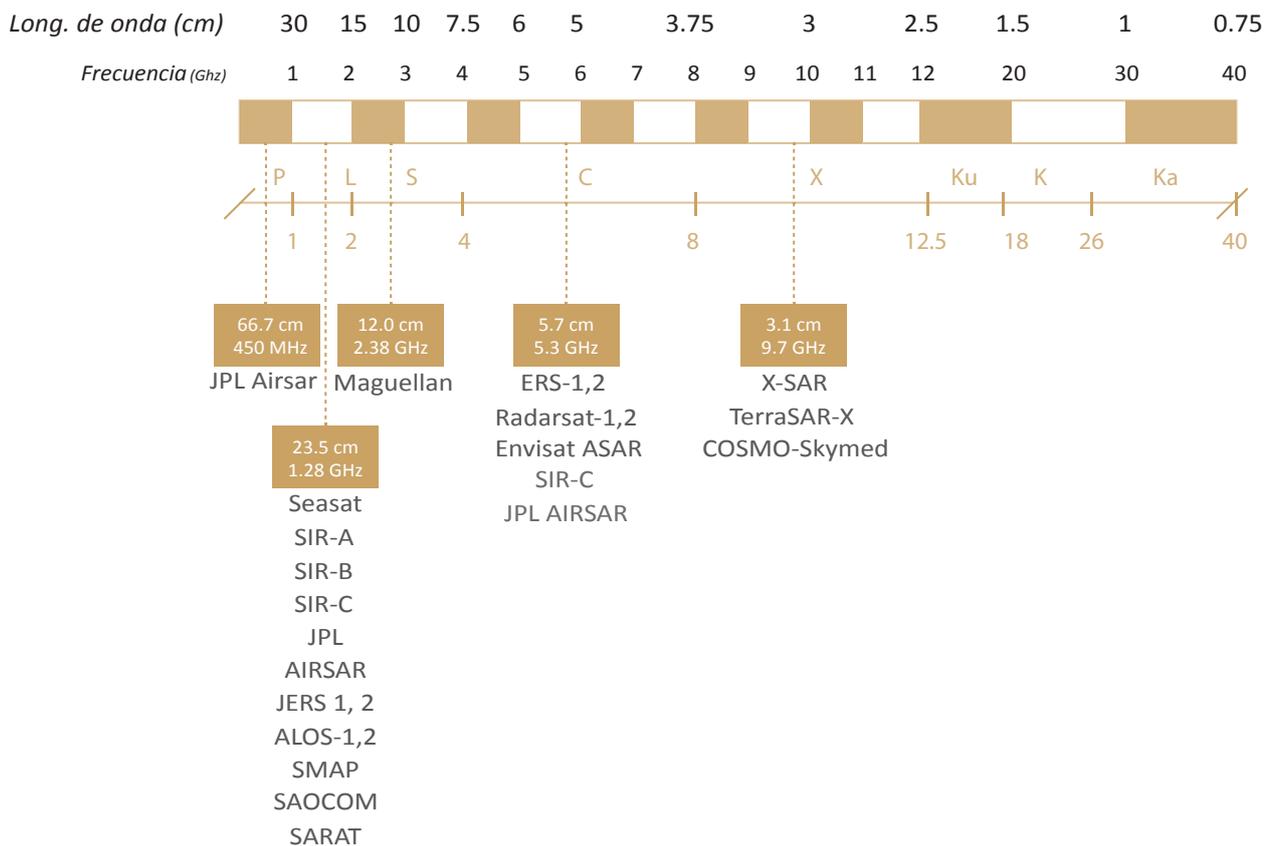


Figura 4. Sensores de las distintas misiones y zona del espectro electromagnético donde operan.

5. METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DE HS

Todas estas características dan lugar a la gran variabilidad espacial y temporal que caracteriza a la variable agronómica HS. Sin embargo, distintas metodologías han sido propuestas para la estimación de HS (figura 5). Por ejemplo, un método muy sencillo consiste en relacionar σ^0 con los datos de humedad en campo mediante regresiones lineales empíricas que son válidas para condiciones invariables de rugosidad superficial y de parámetros de adquisición de las imágenes.

Uno de los métodos más utilizados para indagar en la relación entre los parámetros biofísicos del suelo y la retrodispersión consiste en el uso de los Modelos de Dispersión Electromagnética que simulan la retrodispersión de la superficie terrestre, dados ciertos parámetros de entrada.

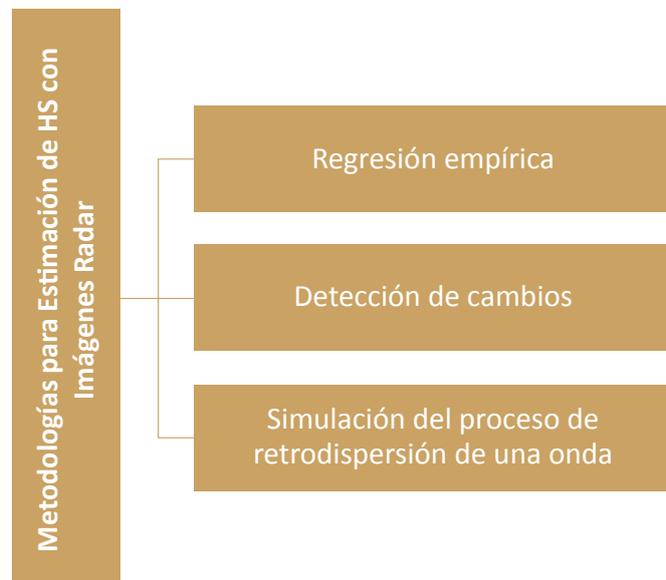


Figura 5. Cuadro de metodologías para la estimación de humedad del suelo.

Como se muestra en la figura, se pueden definir tres metodologías para la estimación de HS con imágenes de radar. En primer lugar, mediante regresión empírica, donde se relacionan el coeficiente de retrodispersión con la humedad medida (esta necesita de los datos de campo). En segundo lugar, otra metodología es mediante técnicas de detección de cambios y permiten analizar las variaciones de humedad. Y en último lugar, simulación del proceso de retrodispersión de una onda, que requiere de modelos empíricos o de base física.

5.1. Modelos Empíricos

Para condiciones de ausencia de vegetación se han desarrollado modelos empíricos, como el de Oh (Oh et al., 1992), semiempíricos como el de Shi (Shi et al., 1997) y Dubois (Dubois et al., 1995), y modelos de base física como el Modelo de Ecuación Integral (MEI) (Fung et al., 1992). El desarrollo de los modelos de Oh y el de Dubois se realizó sobre diferentes condiciones muy detalladas de humedad y rugosidad, de las cuales se derivaron las expresiones que relacionan esos parámetros superficiales con los de adquisición de la imagen (σ^0). Aunque ambos modelos hayan sido propuestos considerando un amplio rango de humedad, rugosidad, etc., su validez queda en principio limitada a las condiciones para las que fueron propuestos (Álvarez Mozos J. et al., 2005). Estos modelos han sido aplicados en diversos experimentos mostrando buenos resultados en algunos casos (Wang et al., 1997; Zribi y Dechambre, 2002) y resultados insatisfactorios en otros (Verhoest, 2000).

5.2. Modelos Teóricos

Los modelos teóricos proporcionan en cambio, expresiones válidas para cualquier condición y son, en principio, preferibles a los modelos empíricos. Los modelos clásicos de retrodispersión son el modelo de Óptica Geométrica (GOM) y el modelo de Óptica Física (POM), también denominados Aproximaciones de Kirchhoff (KA), y el modelo de Pequeña

Perturbación (SPM). Los modelos de Kirchhoff son aplicables en condiciones de rugosidad alta o moderada y el modelo SPM es aplicable a superficies de rugosidad baja (Ulaby et al., 1982).

El modelo IEM, en cambio, integra los modelos de Kirchhoff y el modelo SPM y es, por lo tanto, aplicable a un rango más amplio de condiciones de rugosidad. Este simula la retrodispersión de una determinada superficie a partir de dos parámetros de rugosidad, la desviación típica de las alturas del suelo (s) y su longitud de correlación (l), y de ϵ , considerando además parámetros de observación del sensor. Es uno de los modelos más utilizados para el estudio de la humedad del suelo a partir de imágenes de radar (Álvarez Mozos J. et al., 2005), y tanto los parámetros de rugosidad como ϵ son los que tienen mayor influencia en la respuesta de retrodispersión de los suelos.

5.2.1 Polarización de la señal de retrodispersión

La caracterización de la rugosidad superficial se efectúa a través de la descripción de sus componentes horizontal y vertical (polarizaciones de la señal EM). La componente vertical se representa mediante la desviación estándar de las alturas de la superficie, denominada altura rms o bien “ s ”. La componente horizontal se caracteriza por medio de una función de autocorrelación del perfil de rugosidad, $\rho(x)$ de la que se obtiene la longitud de correlación, “ l ”, que representa la distancia horizontal a partir de la cual se considera que la altura de dos puntos no está correlacionada (Ulaby et al., 1982).

6. APLICACIONES EN COBERTURAS FOLIARES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RADAR

Ahora bien, la estimación de la humedad sobre suelos desnudos o con escasa cobertura vegetal es un tema estudiado con numerosos

enfoques y modelos. En cambio, la estimación de humedad superficial sobre suelos con presencia de vegetación desarrollada aún presenta un desafío. La presencia de cobertura vegetal, como es el caso de los cultivos agrícolas, complica la estimación de humedad debido principalmente al hecho de que las plantas en desarrollo contienen un porcentaje importante de humedad. En correspondencia, la adquisición del sensor corresponderá a la respuesta combinada del agua presente en el suelo y del agua presente en la propia vegetación.

Tanto los datos ópticos como los de radar pueden proveer información acerca de la vegetación. La mayor desventaja que presentan las imágenes ópticas es la presencia de nubes que puede reducir el número de imágenes útiles, y la saturación de la señal con el incremento de la biomasa. Por el contrario, el radar es una herramienta útil para la medición de biomasa. El backscattering a altas frecuencias (Bandas C y X) está dominado por procesos de retrodispersión provenientes de la superficie del follaje, mientras que a bajas frecuencias (Bandas P y L) la retrodispersión está dominada por procesos que involucran componentes de la estructura de la biomasa (Natarnicola et al., 2006).

La presencia de vegetación desarrollada incrementará la respuesta de radar total. El punto clave consistirá en separar la contribución de humedad en la vegetación y la contribución de humedad presente en el suelo a la respuesta total.

7. CONCLUSIONES

La estimación de la humedad del suelo mediante SAR se encuentra en etapa de maduración. Si bien, los radares de apertura sintética permiten dissociar la imagen de los efectos atmosféricos y de la dependencia de luz solar, utilizarlos en coberturas de vegetación y suelo desnudo presenta varias complicaciones de implementación práctica inmediata.

No es extraño que, en muchos artículos científicos, para detectar humedad del suelo o cambios de la humedad, una imagen radar esté complementada con una imagen óptica. A pesar de las complejidades técnicas, el advenimiento de nuevas misiones satelitales con sensores radar multibanda o bandas de frecuencias bajas, como lo es la banda L, junto a recientes trabajos publicados, prometen aplicaciones de gran utilidad en el futuro en esta materia mejorando, consecuentemente, la estimación de la humedad de un suelo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Mozos, J.; Casalí, J.; González-Audicana, M. & López, J.J. Estimación de la humedad superficial del suelo mediante teledetección radar en presencia de una cubierta de cereal. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol VII*. 313-318 pp. 2005.

Baghdadi, N. CEMAGREF, Montpellier, France, Aubert, M. & Zribi, M. Use of TerraSAR-X Data to Retrieve Soil Moisture Over Bare Soil Agricultural Fields. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE (Volume: 9, Issue:3)* 512-515 pp. 2012.

Behari, J. *Dielectric Behavior of Soil* (pp. 22-40). Springer Netherlands. 2005.

Dubois et al. Measuring soil moisture with imaging radars. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on (Volume:33, Issue: 4)*: 915– 926 pp. 1995.

Engman, E.T. Applications of Microwave remote sensing of soil moisture for water resources and agriculture. *Remote Sens. Environ.* 35: 213-226 pp. 1991.

Fung, A.K.; Li, Z. & Chen, K.S. Backscattering from a randomly rough dielectric surface. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 30(2): 356–369 pp. 1992.

Natarnicola, C.; Angiulli, M. & Posa, F. Use of radar and optical remotely sensed data for soil moisture retrieval over vegetated areas. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on (Volume:44, Issue: 4)*: 925– 935 pp. 2006.

Oh, Y.; Sarabandi, K. & Ulaby, F.T. An empirical model and an inversion technique for radar scattering from bare soil surfaces. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 30(2): 370–381 pp. 1992.

Shi, J.; Wang, J.; Hsu, A.Y.; O’neill, P.E. & Engman, E.T. Estimation of bare surface soil moisture and surface roughness parameter using L-band SAR images data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33, pp. 915–926. 1997.

Solorza, R. Estimación de la humedad superficial del suelo mediante el uso combinado de modelos electromagnéticos y el enfoque bayesiano. Estudio exploratorio en imágenes SARAT. Tesis de maestría. IG-CONAE/UNC. Marzo 2013.

Torazza, A.; Romero, R. H. & Depine, R.A. Polarimetric response of wire-panels for corner reflectors, *anales de la Asociación de Física Argentina*. Vol. 18. ISSN 1850-1158. 2006.

Ulaby, F.T.; Moore, R.K. & Fung, A.K. *Microwave Remote Sensing, Active and Passive, Volume I: Radar Remote Sensing: Fundamentals and Radiometry*. Artech House, Inc. Norwood, USA. 1982.

Verhoest, N.E.C. Retrieval of soil moisture information from synthetic aperture radar data. PhD Dissertation, Laboratory of Hydrology and Water Management, Ghent University, Ghent, Belgium, unpublished. 2000.

Wang, J.R.; Hsu, A.; Shi, J.C.; O’Neill, P.E. & Engman, E.T. A comparison of soil moisture retrieval models using SIR-C measurements over the Little Washita river watershed. *Remote Sensing of Environment*. 59: 308-320. 1997.

Zribi, M. & Dechambre, M. A new empirical model to retrieve soil moisture and roughness from C-band radar data. *Remote Sensing of Environment*. 84: 42-52. 2002.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LIDAR EN EL MONITOREO Y MANEJO DE RECURSOS FORESTALES.

Zalazar, Laura
Gestión de Investigación y Desarrollo
Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito - Ecuador
laura.zalazar@mail.igm.gob.ec;
lpzalazar@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo destaca la relevancia del estudio de los recursos forestales, dada su importancia ecológica y económica, y cómo el sistema LiDAR constituye una técnica fundamental para el análisis de los mismos. El LiDAR, a diferencia de los sensores ópticos pasivos, permite caracterizar horizontal y verticalmente el complejo de vegetación debido a la emisión de un pulso láser capaz de interactuar con los distintos elementos del dosel, pudiendo además estimar parámetros biofísicos y estructurales claves para la evaluación del estado y funcionalidad de áreas forestadas. Esto, junto con su independencia de la luz solar, lo vuelve una tecnología de vanguardia en el mapeo y monitoreo de tierras forestales.

Palabras claves: Lidar. Recursos forestales. Bosques. Perfil vertical. Altura del dosel. Sistema de retorno discreto. Sistema de onda completa. Sensor óptico activo.

ABSTRACT

This work highlights the relevance of the study of forestry resources, given their ecological and economic importance, and how the LiDAR system is an ultimate technology to the analysis of them. LiDAR, unlike passive optical sensors, allows

to characterize horizontally and vertically the complex vegetation due to the emission of a laser pulse able to interact with the different elements of the canopy. This system allows one to estimate key biophysical and structural parameters for the evaluation of state and functionality of forested areas. These LiDAR features, together with the independence of the sensor to work under any lighting conditions, makes LiDAR a cutting-edge technology in mapping and monitoring of forest land.

Keywords: Lidar. Forestry resources. Forest. Vertical profile. Canopy height. Discrete return system. Full waveform system. Active optical sensor.

IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FORESTALES

Los recursos forestales constituyen el 31% de la superficie total del planeta (alrededor de 4000 millones de hectáreas), están conformados por las tierras correspondientes a bosques naturales, bosques cultivados y superficies disponibles para reforestación (fig.1), y la importancia de estos recursos radica en sus múltiples funciones. Se estima que los bosques del mundo almacenan más de 650 millones de toneladas de carbono, constituyendo así un importante depósito de este elemento. A su vez, el 12% del total de bosques está dirigido a la conservación de la biodiversidad y cerca del 8% a la protección del suelo y los recursos hídricos. Esto se debe a que los bosques actúan en la estabilización de dunas, en la prevención de aludes y avalanchas, en el control de la desertificación, en la disminución de la erosión y en la moderación de la sedimentación y de las inundaciones. Desde el punto de vista económico, el 30% de los bosques constituye una fuente de productos madereros (para uso industrial y leña) y no madereros (alimentos, artesanías, medicamentos y cosméticos, entre otros), proveyendo empleo a millones de personas en el mundo. Por último, estos recursos forestales también cumplen una función recreativa y de conservación del patrimonio cultural (FAO 2010).

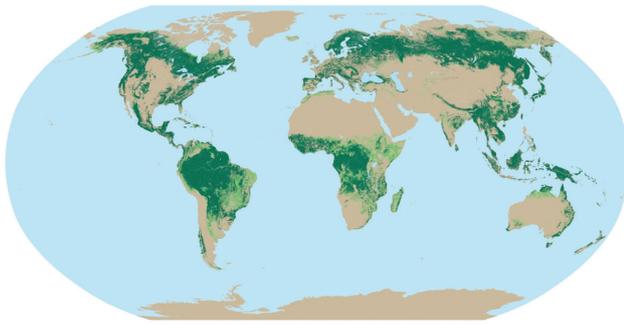


Figura 1. Distribución mundial de los recursos forestales. En color verde "Bosques naturales, bosques cultivados y tierras reforestables". En color marrón "Otras tierras (tierras agrícolas, llanuras y pastizales, áreas edificadas, etc)". En color celeste, "Agua". Fuente: FAO 2010.

Con el fin de preservar y promover las funciones antes mencionadas se apunta a la reducción de la deforestación y restauración de las áreas forestales degradadas, para lo cual es necesario controlar la extensión y características de los recursos forestales. La extensión es el primer indicador que se tiene en cuenta en la toma de decisiones sobre el uso del suelo y la asignación de recursos, mientras que la caracterización mediante la observación del tipo de vegetación, suelo forestal, estructura y clase diamétrica, estimación de la biomasa y volumen de madera en pie, proporcionan información sobre el estado del bosque, el nivel de riesgo, la productividad del sistema y su funcionalidad (FAO 2010). Es a través de la teledetección que se hace posible monitorear los cambios forestales y el uso de estas tierras a nivel de paisaje, ya que permiten recoger información a gran escala minimizando el costo de los recursos y el esfuerzo necesario para llevar a cabo un estudio de campo de tal magnitud. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de sensores remotos dan información sobre la cobertura horizontal de la vegetación y no de la organización o distribución vertical de la misma. Esta limitación ha motivado el uso del altímetro LiDAR para mediciones de alta resolución de la tierra y sus coberturas, ya que esta técnica permite estimar un rango de atributos biofísicos y estructurales que proporcionan información detallada sobre

la altura y cobertura del dosel cuando otras técnicas ópticas no son tan eficientes. Haciendo uso de la tecnología LiDAR, Ecuador pretende permanecer a la vanguardia, y dentro de los proyectos de fortalecimiento de instituciones públicas, de acuerdo a su competencia, el Estado asignó recursos para aumentar la capacidad operativa del Instituto Geográfico Militar (IGM). En los próximos meses el IGM contará con una nueva plataforma aérea que incorpora un sensor LiDAR además de una cámara de medio formato.

PRINCIPIO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL LIDAR

LiDAR (Light Detection And Ranging) es un sensor activo basado en una fuente de radiación artificial que opera próximo al nadir en el dominio óptico, entre el ultravioleta y el infrarrojo cercano. El pulso transmitido es un pulso láser de corta duración, altamente direccional, coherente y polarizado, y toma una dirección definida por un dispositivo de guiado. Este pulso se dispersa dependiendo de la clase de elemento con el que interactúa, deduciendo el tipo de blanco a partir de la intensidad de la señal de retorno, y su localización mediante el registro del tiempo transcurrido entre la emisión y el arribo del pulso. La señal de retorno, reflejada vía retrodispersión, es recogida por un telescopio, transmitida a un fotodetector y registrada y almacenada en un computador. Cuando el objeto no es sólido o demasiado denso, gran parte del haz de láser continúa su trayectoria y puede ser reflejado por elementos de capas inferiores, incluso por el suelo. Esta cualidad permite la caracterización 3D, obteniendo perfiles que proporcionan información tanto de la distribución horizontal como de la distribución vertical de las diferentes superficies. La longitud de onda utilizada por estos instrumentos varía en función de la aplicación específica, y también, de acuerdo al sistema LiDAR. Por ejemplo, en estudios de vegetación se utiliza generalmente el NIR (alrededor de 1000 nm), mientras que en las investigaciones atmosféricas se emplean

tres longitudes de onda diferentes en función de los intereses (355 nm, 532 nm, 1064 nm). El sistema LiDAR puede presentarse sobre diferentes plataformas, siendo los terrestres y los aerotransportados los más empleados (Ustin 2004, Chuvieco 2010).

Los principales componentes de un LiDAR a bordo de una aeronave son un sistema de posicionamiento global (GPS), una unidad de medición inercial (IMU), un transceptor de escáner láser y un dispositivo de almacenamiento (fig.2). A partir de la información registrada por estos componentes, junto con la registrada por el GPS ubicado en la base terrena, se calculan las coordenadas geográficas de los

objetos con los que interactúa el pulso láser. La huella o superficie iluminada por el láser está determinada por la altura del vuelo y el ángulo de escaneo, adquiriendo los datos LiDAR a partir de vuelos múltiples y superpuestos (Baltasvias 1999, Lim et al. 2003).

Dependiendo el área cubierta por el pulso emitido y el tipo de información recopilada, se pueden diferenciar dos sistemas LiDAR. El sistema de retorno discreto o de huella pequeña, emite más de 25.000 pulsos por segundo que permiten, junto con su pequeño diámetro de huella (0.25 m hasta 5 m), obtener una alta resolución espacial

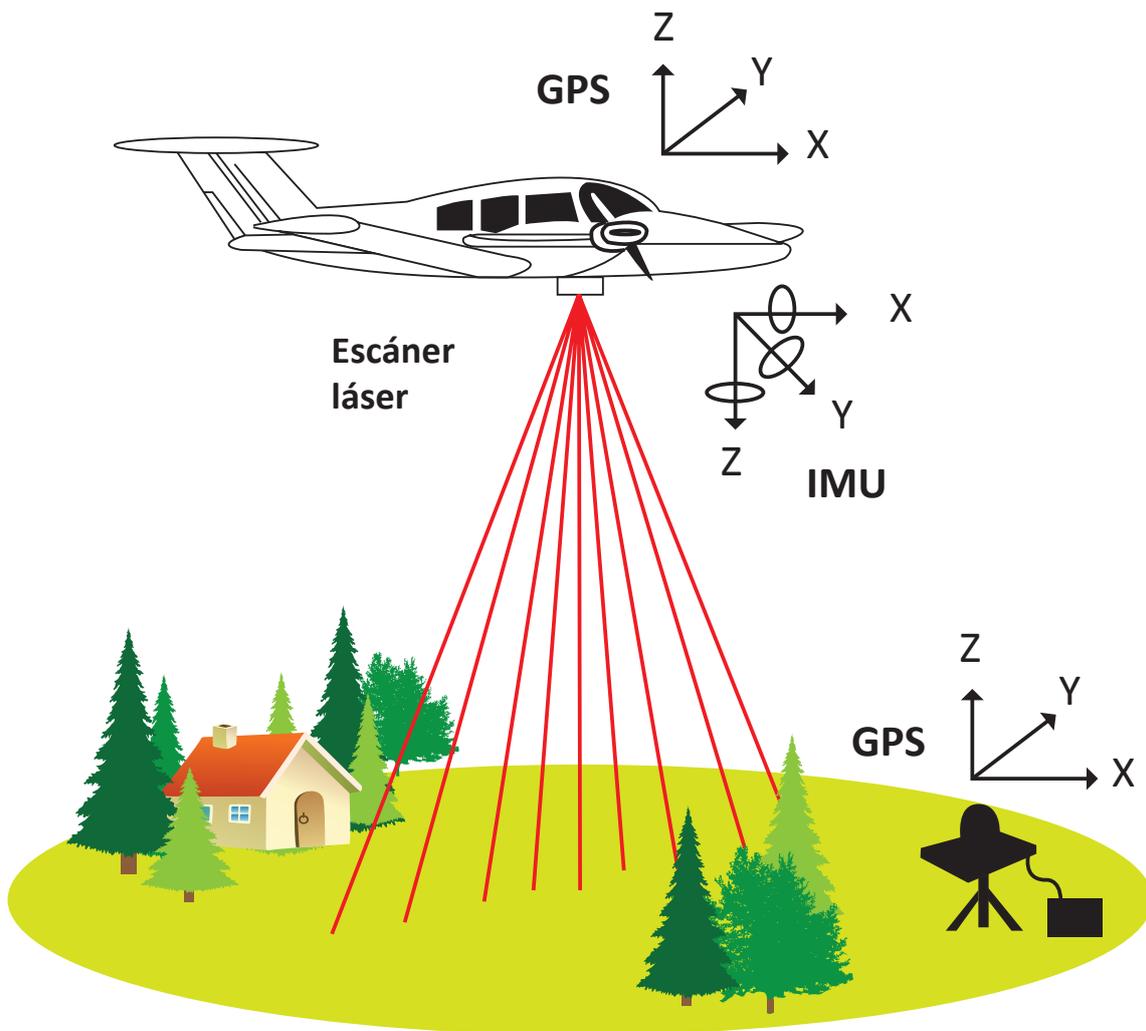


Figura 2. Componentes básicos en un Sistema LiDAR aerotransportado. Escáner láser transmisor-receptor: provee información del rango y ángulo del pulso láser. GPS-Sistema de Posicionamiento Global: provee información sobre la trayectoria del avión. IMU-Unidad de Medición Inercial: provee información sobre la posición del avión (guiñada, cabeceo y balanceo). Fuente: Adaptación de USACE 2002.

(<1 m). Son transportados generalmente por aviones que vuelan a baja altura. Los sistemas actuales funcionan registrando uno (primer o último retorno), dos (primer y último retorno) o unos pocos (por ejemplo cuatro) pulsos de retorno durante el vuelo, los cuales representan objetos discretos. El sistema de onda completa o de huella grande, logra cubrir varios metros (25 m hasta 80 m), con una resolución espacial de 10 m a 25 m. Registra el retorno de onda completa de manera continua y por lo tanto almacena la distancia de todos los objetos encontrados (fig.3). Un ejemplo del primer sistema es el ALTM-Airborne Láser Terreno Mapper, y del segundo sistema el LVIS-Láser Vegetation Imaging Sensor (Lefsky et al. 2002).

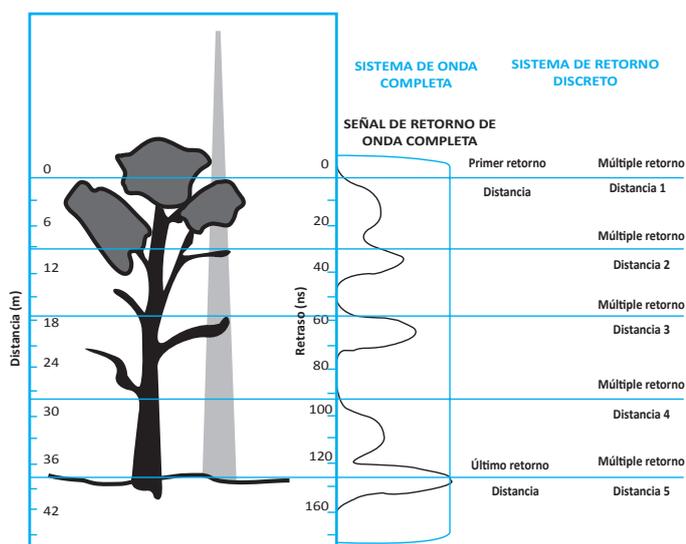


Figura 3. Diferencias entre el sistema LiDAR de retorno discreto (registro de uno, dos o unos pocos pulsos de retorno) y el de onda completa (registro completo del retorno). Fuente: Adaptación de Lefsky et al. 2002.

El sistema LiDAR captura información de la superficie del suelo en forma de densas nubes de puntos y su tratamiento incluye algoritmos automáticos de clasificación, filtrado automático de errores e intervención manual para segmentar, editar, ordenar y modelar los puntos medidos. Estos pasos por lo general requieren una gran capacidad de almacenamiento, controles de calidad y personal con experiencia en el manejo de software específico y complejo, y sólo algunos usuarios tienen los requisitos necesarios

(software, hardware y de conocimiento) para el tratamiento de los datos LiDAR crudos (Fernández-Rivas 2010). Sin embargo, su gran ventaja es que siendo un sensor activo puede capturar información independientemente del ángulo solar e incluso es posible obtener información durante la noche, aunque se debe evitar volar con fuertes vientos, nieve, lluvia y niebla. Otra ventaja es la posibilidad de penetración de cada pulso emitido a través de delgadas capas o coberturas, lo que facilita las mediciones de la altura del terreno en zonas completamente cubiertas por vegetación, con una precisión vertical de menos de 15 cm.

APLICACIONES FORESTALES DEL SISTEMA LIDAR

El interés del uso de LiDAR en estudios de vegetación, se debe a la capacidad para representar la información tanto de la cobertura del dosel como de las capas inferiores (fig.4), permitiendo la discriminación de patrones espaciales y del volumen total de la vegetación en un bosque (Lefsky et al. 2002). Conocer acerca de la biomasa disponible y la estructura vertical del complejo forestal a gran escala permite obtener información en relación a la productividad de los bosques, a su funcionalidad como hábitat y refugio para los animales, al ciclo global del carbono, y también permite realizar predicciones del comportamiento de incendios forestales (Means et al. 1999, Bergen et al. 2009, Hyyppä et al. 2012). Varios autores determinaron la eficacia del sistema LiDAR para realizar mediciones de la estructura de bosques a través de la estimación de parámetros estructurales y biofísicos en grandes áreas o bosques enteros, tales como densidad del dosel, altura a la base del dosel, diámetro medio del tallo y área basal (Drake et al. 2002, Holmgren & Jonsson 2004, Peterson et al. 2005, Kwak et al. 2007). Como ejemplo de una aplicación particular, Riaño et al. (2002) utilizaron LiDAR para identificar la altura y cobertura de árboles, altura y cobertura del dosel, altura a la base de la copa y densidad de la copa, por ser

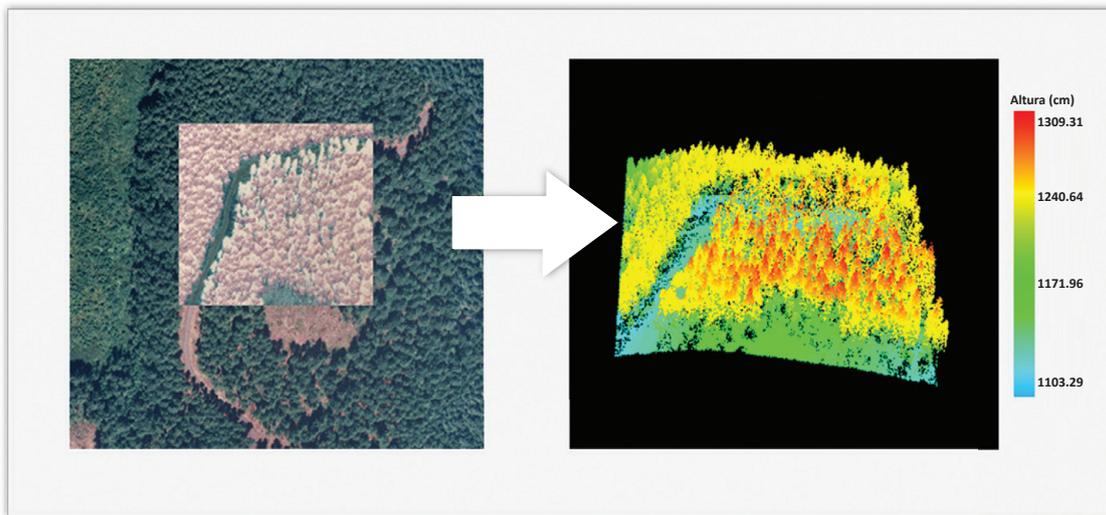


Figura 4. Visualización 3D de datos LiDAR mediante el software libre Fusión. A la izquierda, foto aérea de zona boscosa. A la derecha, representación del perfil horizontal y vertical capturado mediante LiDAR en un sector del área fotografiada.

parámetros de interés como predictores del comportamiento del fuego. Primero generaron un modelo digital del terreno mediante la diferenciación de pulsos láser de menor altura y posterior interpolación usando la función spline. Luego, la altura de la vegetación fue estimada mediante la eliminación de la elevación del terreno sobre el nivel del mar. Por otro lado, dependiendo de la altura de los pulsos individuales, diferenciaron las variables altura de los árboles, altura a la base de la copa y altura de arbustos empleando un algoritmo basado en un análisis de conglomerados, y mediante clasificación de los pulsos diferenciaron entre árboles, arbustos y suelo.

CONCLUSIONES

La técnica LiDAR tiene un gran potencial para la caracterización de la topografía y la vegetación, ya que proporciona información tridimensional de alta precisión y resolución espacial vertical y horizontal elevada, incluso en el orden de centímetros para el sistema LiDAR de huella pequeña. Si bien, al igual que otros sensores ópticos, se ve afectado por las condiciones atmosféricas, en función de las investigaciones realizadas por diferentes autores se puede concluir que, en general, el sistema LiDAR presenta una gran utilidad y eficacia en la estimación y la medición

directa e indirecta de parámetros forestales indicadores de estado y funcionalidad de los recursos forestales. Por lo tanto, este sistema es considerado una herramienta de extremo potencial en la temática, ya que favorece el manejo adecuado de los recursos forestales y facilita su inventariado y monitoreo, a la vez que constituye un gran aporte a áreas de investigación relacionadas, por ejemplo contribuyendo a mejorar el modelado del comportamiento del fuego a través de la construcción de modelos de combustibles más precisos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baltsavias, E.P. Airborne laser scanning: basic relations and formulas. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 54: 199-214. 1999.

Bergen, K.M.; Goetz S.J.; Dubayah, R.O.; Henebry, G.M.; Hunsaker, C.T.; Imhoff, M.L.; Nelson, R.F.; Parker, G.G. & Radeloff, V.C. 2009. Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions. *Journal of Geophysical Research*. 114: 1-13.

Chuvieco, E. Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Nueva edición actualizada. Editorial Planeta, S.A. Barcelona. 590 pp. 2010.

Drake, J.B.; Dubayah, R.O.; Clark, D.B.; Knox, R.G.; Blair, J.B.; Hofton, M.A.; Chazdon, R.L.; Weishampel, J.F. & Prince, S.D. Estimation of tropical forest structural characteristics using large-footprint lidar. *Remote Sensing of Environment*. 79: 305-319. 2002.

FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales-2010. Informe principal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 381p. 2010.

Fernández-Rivas, J. & Siabato, W. Procesamiento y accesibilidad de datos LiDAR a través de aplicaciones distribuidas. En: I Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica, Tegucigalpa – Honduras. Universidad de Alcalá de Henares, Tegucigalpa - Honduras: Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica. 11-16 de Octubre 2010.

Holmgren, J. & Jonsson, T. Large scale airborne laser scanning of forest resources in Sweden. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVI - 8/W2. 157-160. 2004.

Hyyppä, J.; Xiaowei, Y.; Hyyppä, H.; Vastaranta, M.; Holopainen, M.; Kukko, A.; Kaartinen, H.; Jaakkola, A.; Vaaja, M.; Koskinen, J. & Alho, P. Advances in forest inventory using airborne laser scanning. *Remote Sensing*. 4: 1190-1207. 2012.

Kwak, D-A; Lee, W-K & Cho, H-K. Estimation of LAI using lidar remote sensing in forest. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, Espoo, September 12-14. Finland. 2007.

Lefsky, M.A.; Cohen, W.B.; Parker, G.G. & Harding, D.J. Lidar remote sensing for ecosystem studies. *BioScience*. 52 (1): 19-30. 2002.

Lim, K.; Treitz, P.; Wulder, M.; St-Onge, B. & Flood, M. LidAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*. 27(1): 88-106. 2003.

Means, J.E.; Acker, S.A.; Harding, D.J.; Blair, J.B; Lefsky, M.A.; Cohen, W.B.; Harmon, M.E. & McKee, W.A. Use of large-footprint scanning airborne lidar to estimate forest stand characteristics in the Western Cascades of Oregon. *Remote Sensing and Environment*. 67: 298-308. 1999.

Peterson, B.; Dubayah, R.; Hyde, P.; Hofton, M.; Blair, J.B. & Fites-Kaufman, J. Use of LIDAR for forest inventory and forest management application. *Proceedings of the Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium*. 193-200. 2005.

Riaño, D.; Meier, E.; Allgöwer, B. & Chuvieco, E. Generation of vegetation height, vegetation cover and crown bulk density from airborne laser scanning data. *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*, Viegas (ed.). Millpress, Rotterdam, ISBN 90-77017-72-0. 8 pp. 2002.

USACE. Airborne LIDAR Topographic Surveying. En: *Engineering and Design-Photogrammetric Mapping*. U.S. Army Corps of Engineers. Engineer Manuals. Publication number EM 1110-1-1000. 12 pp. 2002.

Ustin, S.L. Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring. *Manual of Remote Sensing*. 3rd. Ed. Vol. 4. Ustin, S.L. (ed), published in cooperation with the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 736 pp. 2004.

ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN SUPERFICIAL MEDIANTE LA TÉCNICA SBAS PARA DATOS DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA

Caizaluisa, Alicia
Gestión de Investigación y Desarrollo
Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador
ali_caizaluisa@yahoo.com

RESUMEN

La deformación superficial se origina por diferentes fenómenos naturales o antrópicos: sismos, erupciones volcánicas, deforestación, precipitación, deslizamientos, entre otros. Esta deformación se mide por diversas técnicas, como la detección de deformación utilizando sistemas GPS a través de la instalación de estaciones continuas y el procesamiento de imágenes de radar para la generación de mapas de deformación mediante la técnica Interferometría Diferencial. En la presente investigación se realiza el análisis de la técnica SBAS cuyo algoritmo tiene como objetivo generar series de tiempo multitemporal de desplazamiento del suelo, obteniendo como resultado mapas de deformación del sitio de estudio que incluye la deformación horizontal y vertical.

Palabras Clave: SBAS, deformación superficial, Interferograma, retraso atmosférico.

ABSTRACT

Surface deformation is caused by different natural or anthropic phenomena: earthquakes, volcanic eruptions, deforestation, rainfall, landslides, among others. This deformation is measured by various techniques, such as

detecting deformation using GPS systems through the installation of continuous stations and radar image processing to generate strain maps by Differential Interferometry Technique. In this research, SBAS Tools analysis is performed which algorithm aims to generate multitemporal time series of ground displacement, obtaining the site deformation maps that includes horizontal and vertical deformation.

Keyword: SBAS, surface deformation, Interferogram, atmospheric delay.

1. INTRODUCCIÓN

La interferometría SAR (Synthetic Aperture Radar), InSAR es una técnica de teledetección usada para aplicaciones como la generación de modelos numéricos del terreno y la monitorización de deformaciones de superficie. (Agudo, et al. 2005)

Las técnicas multitemporales InSAR están dirigidas a abordar los problemas causados por los diferentes tipos de correlación y los efectos generados por el retraso atmosférico. Estas técnicas, consisten en el procesamiento simultáneo de un conjunto de imágenes SAR que busca generar una serie de interferogramas sobre una área en común, con el propósito de maximizar los índices de correlación de fase, y por lo tanto reducir el error asociado con la estimación de deformaciones.

En términos generales, los algoritmos de series temporales pueden ser clasificados en dos grandes categorías: Persistent Scatterer Interferometry (PSI) y Small Baseline Subset (SBAS).

El objetivo de este artículo es describir la técnica SBAS, en primer lugar se conoce el principio de la técnica y a continuación se muestra un estudio de deformaciones. El procedimiento se realiza con un grupo de imágenes SAR de pasadas ascendente y descendente que abarca una misma área, en una secuencia temporal,

las cuales se co-registran con una imagen de referencia.

2. PRINCIPIOS DE LA INTERFEROMETRÍA DIFERENCIAL Y LA TÉCNICA SBAS

La interferometría SAR (InSAR) es una técnica empleada para reconstruir la topografía de la escena de estudio combinando dos imágenes SAR obtenidas desde posiciones distintas. La aplicación de interferometría para el estudio de deformaciones, consiste en la comparación de la información de fase de dos imágenes SAR de una misma superficie, tomadas antes y después respectivamente del evento en cuestión sobre la zona afectada ver figura 1.

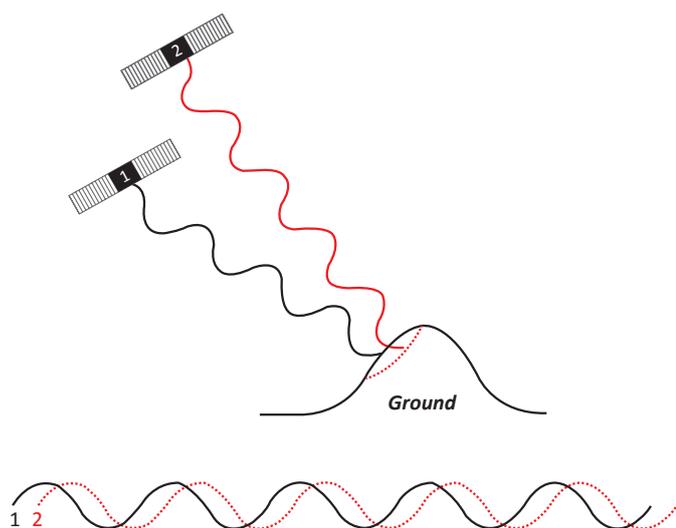


Figura 1. Desplazamiento de fase de la onda

La diferencia resultante de fases origina un nuevo tipo de imagen llamada interferograma, el principio fundamental es la estimación del número de ciclos completos de longitud de onda para, a partir de ella y del interferograma, poder determinar la elevación del terreno. En un interferograma es posible medir la deformación ocurrida entre ambas adquisiciones.

La evolución de la interferometría SAR consiste en expandir los principios de estimación de deformación DInSAR explotando el

eje temporal, conduciendo a lo que se conoce como algoritmos DInSAR con muchas imágenes. (Blanco, 2008).

La idea básica es observar el área de estudio a lo largo del tiempo adquiriendo imágenes SAR de forma regular y construyendo a partir de las mismas un conjunto de interferogramas que contengan la evolución de la deformación. Una de las técnicas que utiliza la combinación de un gran número de interferogramas diferenciales es el Small Baseline Subset (SBAS) el cual se basa en la información generada por pares de imágenes SAR que conformen una geometría con órbitas que tengan una separación espacial baja, a fin de reducir la correlación espacial y los errores topográficos, siendo este un medio que permite mejorar la calidad de la fase de la señal atenuante, los efectos de correlación y asegurar la oportunidad de conseguir el mayor número posible de pixel consistente.

El Small Baseline Subset es un algoritmo Dinsar que emplea la técnica de mínimos cuadrados para detectar la deformación de la superficie por medio del análisis de la evolución temporal, generando mapas de deformación y velocidad media. El tratamiento específico, considera un grupo de imágenes SAR que abarquen una misma área, en una secuencia temporal, las cuales se coregistran con una imagen de referencia.

3. METODOLOGÍA

El procesamiento de imágenes RAW con la herramienta SBAS considera tres etapas:

3.1 Localización de datos:

Procesamiento de Datos RAW

3.2 Formación de interferogramas:

El proceso de formación de interferogramas consistió en 4 subetapas las que corresponden

específicamente a: Selección de una imagen maestra, corrección de los pares de imágenes, generación de interferogramas complejos y finalmente el proceso de geocodificación.

3.3 Medición de series temporales de deformación:

En esta fase se utilizó el método píxeles con Fase Filtrada con baja Decorrelación (SDFP), esta parte del proceso se subdivide en tres fases:

- Identificación de PS y SDFP: se realiza el análisis de amplitud y fase para determinar la probabilidad que tiene cada celda de resolución específica de presentar PS o SDFP.
- Selección de PS y SDFP: En base a la identificación realizada en el paso anterior, se seleccionaron sólo los PS y SDFP que están presentes en el total de interferogramas obtenidos, excluyendo a los que no presentan correlación con los valores de las celdas vecinas.
- Estimación del Desplazamiento: Por último, para cada uno de los PS y los SDFP definidos, se lleva a cabo el aislamiento de la señal de deformación en cada celda de resolución respectiva.

4. RESULTADOS

Los 8 interferogramas son procesados con el algoritmo DInSAR. Para ello se seleccionan los píxeles que presentan una coherencia media en el conjunto de interferogramas superior a 0.4, de manera que los resultados de deformación se darán exclusivamente para dichos píxeles, este umbral asegura un nivel de ruido bajo en la fase de los píxeles seleccionados. (Fig. 2)

La interpretación del valor de velocidad lineal obtenido para cada uno de los puntos seleccionados en el área de estudio correspondiente al período temporal julio

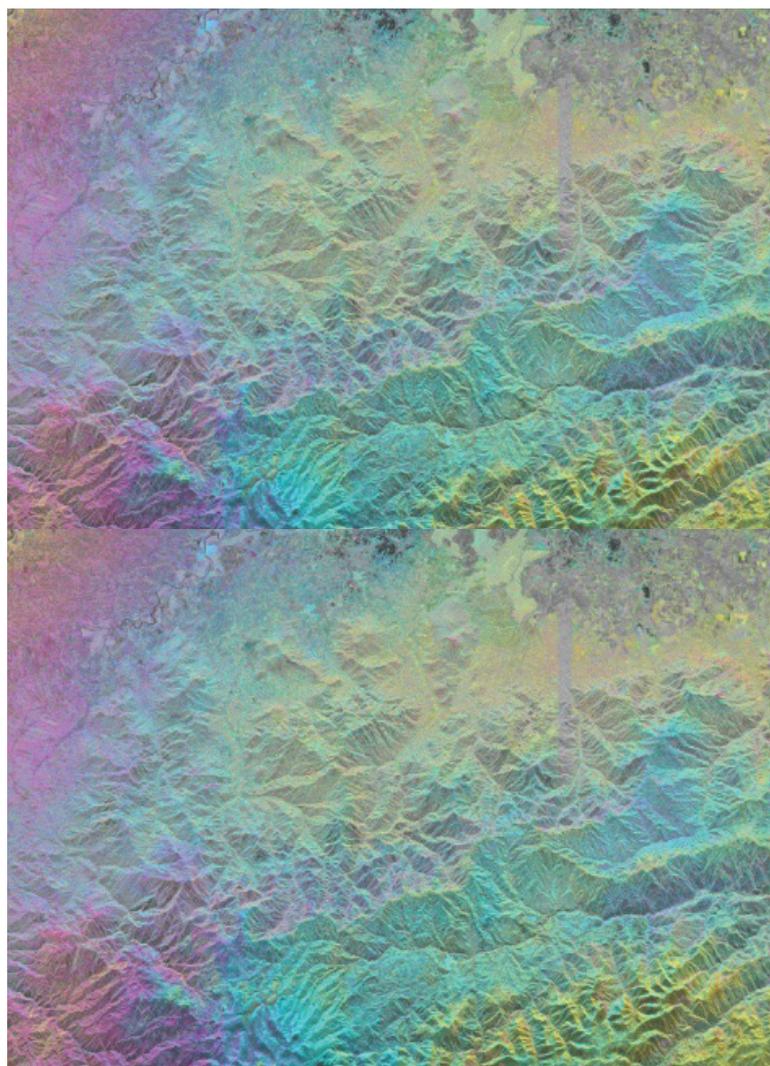


Figura 2. Mapa de deformaciones período 2007-2008, área de estudio.

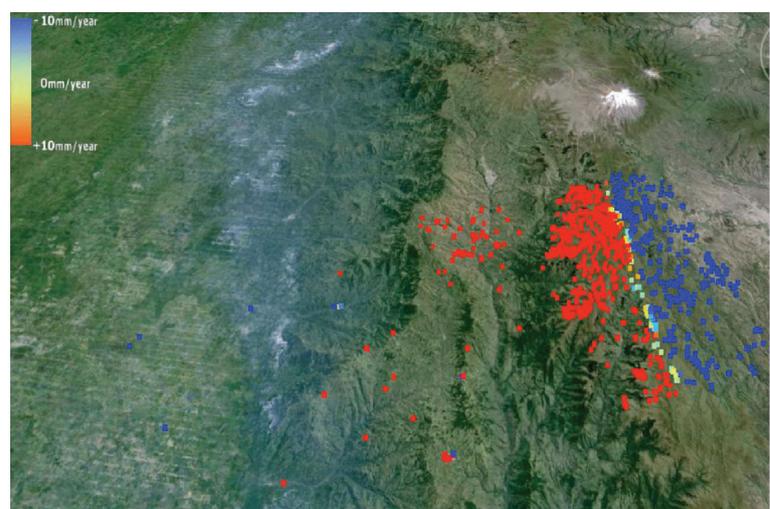


Figura 3. Resultado del stacking (velocidades) en el período 2007-2008, área de estudio.

2006 a agosto 2007, expresado en cm/año permite distinguir un foco principal de subsidencia situado en la zona de montaña.

Por otro lado (Figura 3), los valores obtenidos evidencian elevación en la zona de piedemonte con valores máximos de +10mm/año. Su actividad afecta a la estabilidad del suelo poniendo en riesgo a poblados que se asientan en esas zonas, además afectando al sector económico debido a que en la zona se encuentran cultivos de maíz que se lo realiza a gran escala y la producción agropecuaria.

5. CONCLUSIONES

La metodología expuesta en la presente investigación constituye una herramienta de gran utilidad para el estudio y análisis de la geodinámica externa. A través de la caracterización de fenómenos deformativos de carácter regional o local es posible inferir mecanismos causales naturales tales como fenómenos de remoción en masa, sismicidad, vulcanismo, etc; o causales antropogénicos temas relacionados con explotación de recursos minerales, excavaciones, deforestación, etc.

Esta técnica de investigación presentada con resultados favorables viene a respaldar el uso de la técnica en fenómenos de remoción en masa, para conocer el desplazamiento de zonas de difícil accesibilidad comprendiendo áreas extensas.

Debido al período de toma de las imágenes utilizadas para la metodología SBAS, se obtiene un resultado de desplazamiento mínimo debido a que las deformaciones en el suelo se identifican de mejor manera cuando existe mayor diferencia de años de toma de las imágenes.

Cuando mayor es el número de imágenes a utilizarse en la investigación, el resultado de los modelos de deformación de la corteza terrestre contara con un mayor ajuste, explicando de

una manera más profunda el comportamiento observado en la deformación superficial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudo, M., Biescas, E., Monserrat, O., Martínez, J., Crosetto, M., Herrera, G., 2005. ¿Cómo medir las deformaciones del terreno con teledetección radar?. 6ª Semana Geomática, Barcelona. 2005

Blanco Sánchez, Pablo. Dinsar differential interferometry - a technique for subsidence monitoring in bogotá. Instituto Cartográfico de Catalunya. Colombia

Fernández María, Determinación de movimientos verticales del terreno mediante técnicas de interferometría de radar DinSAR. Universidad de Granada. España. 2009

Hooper A., Persistent Scatterer Radar Interferometry for crustal deformation studies and modeling of volcanic deformation. Tesis de Doctorado, Stanford university. 2006

Mayorga Tania., Determinación de la deformación del terreno por movimientos en masa usando interferometría SAR (Radar de Apertura Sintética). Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2013.

1.Mora O., Mallorqui J., Duro J., Generation of deformation maps at low resolution using differential interferometric SAR data. 2002.

Ruyt R., Análisis Comparativo de las Técnicas INSAR Persistent Scatterers Interferometry (PSI) y Small Baseline Subset (SBAS) aplicadas en la medición de las deformaciones del complejo volcánico Cordón Caulle (40.5°S) - Andes del Sur. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2013.

Vélez María., Análisis de la deformación asociada al comportamiento de sistemas volcánicos activos: volcán Copahue. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires. Argentina. 2011.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA, EN LA REDUCCIÓN DE RUIDO SPECKLE USANDO FILTROS ESPACIO-TEMPORALES Y MULTITEMPORALES DE MEDIA

Muñoz, Erith Alexander
Gestión de Investigación y Desarrollo
Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito – Ecuador
erith7@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se propone la implementación de filtrado multitemporal de speckle, mediante el filtro de media, como una alternativa para reducir el speckle de una escena en la que se dispone de series temporales. Con este fin se selecciona una escena conformada por una serie temporal de 8 imágenes SAR Cosmo Skymed de 5m de resolución espacial, corregistradas y con iguales condiciones de captura en intervalos de 2 meses aproximadamente. Se implementan tres configuraciones distintas de filtros y son implementados mediante el software estadístico R, y se evalúa la calidad de las imágenes filtradas mediante la aplicación del índice Q, el número equivalente de looks, y la relación de señal a error cuadrático medio, encontrando resultados destacables sobre la reducción de ruido speckle en series multitemporales de datos SAR cuando se implementa filtrado multitemporal.

Palabras Claves: Radar de Apertura Sintética, Filtrado de Ruido Speckle, Análisis Espacial, Series Multitemporales.

ABSTRACT

The implementation of multitemporal speckle filtering, integrating mean statistical criteria, as an alternative to decrease

speckle noise in SAR data is proposed in this work. Therefore, a data set conformed by 8 Cosmo Skymed SAR images with 5m of spatial resolution, co-registered, captured in regular intervals of two months, have been processed in order to evaluate the accuracy and feasibility of this technique. Three different configurations of filters were programmed in the statistical package R, and the quality of the processed images were measured by using the Q index, the equivalent number of looks, and the signal to mean squared error ratio. The results showed an important reduction in the noise intensity when the multitemporal filter is applied.

Keywords: Synthetic Aperture Radar, Speckle Filtering, Spatial Analysis, Multitemporal series.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido speckle es un fenómeno común en todos los sistemas de imágenes coherentes como láser e imágenes conformadas a partir de la acústica o sistemas de radares de apertura sintética (Goodman, 1976; Lim, 1981). La fuente de este ruido se atribuye a interferencias aleatorias entre todas las dispersiones provenientes de los diferentes blancos o dispersores que conforman la escena, en la escala de una longitud de onda de radar incidente por cada celda de resolución.

El speckle es siempre un efecto no deseado, debido a que modifica la textura de la imagen construida, lo cual genera un efecto de distribución granular aleatorio similar a mezcla de sal y pimienta en la textura de la imagen generando una percepción visual de incertidumbre radiométrica, con lo cual se reduce la capacidad de distinguir bordes, se dificulta la clasificación y detección de blancos, disminuyendo de este modo la capacidad numérica de identificar parámetros y objetos en la escena (Gagnon

y Jouan, 1997). Debido a la incertidumbre introducida en las imágenes por el ruido speckle, son muchas las técnicas reportadas hasta el presente con la finalidad de facilitar y optimizar herramientas que permitan remover el ruido speckle de una imagen dada.

1.1 Parámetros Estadísticos para el Filtrado de Speckle

De acuerdo a Bustos (2002), un modelo ampliamente aceptado para imágenes con speckle es el llamado Modelo Multiplicativo presentado de forma amplia en los trabajos de Goodman (1985) y, Oliver y Quegan (1998). A partir de este modelo, una escena SAR Z_A , puede describirse como el producto de dos variables aleatorias independientes X_A y Y_A , definidos en el dominio de la imagen S . X_A , está asociada al corte transversal del radar (RCS, por sus siglas en inglés) en cada coordenada, y es la información útil de la escena. La información Z_A recibida por el sensor, está distorsionada por el ruido speckle descrito por la variable aleatoria Y_A . El problema en el filtrado de speckle consiste en erradicar el efecto de la variable Y_A sobre la escena Z_A , para permitir la definición óptima de X_A . Algunas propiedades multiplicativas entre variables aleatorias son abordadas en el estudio de Lomnicki (1967), en donde además se define que si las variables X_A y Y_A tienen funciones de probabilidades $f_X(x)$ y $f_Y(y)$, entonces la variable Z_A se puede definir como:

$$f_Z(z) = \int_{\mathbb{R}} \frac{1}{|x|} f_Y\left(\frac{z}{x}\right) f_X(x) dx \quad (1)$$

Donde la variable Z_A queda definida a partir de su función de distribución $f_Z(z)$. En este orden de ideas, con la finalidad de definir la calidad de una imagen sobre la que se ha realizado un proceso de filtrado de speckle, es de interés estimar el nivel de ruido presente en la imagen, para lo cual se han reportado algunos estimadores estadísticos hasta la fecha. Una forma de estimar el nivel de speckle en una imagen, a partir de la evaluación del grado de

suavizado por promediado de la información SAR durante la formación y procesamiento de la imagen (Anfinsen, 2009), es mediante el Número Equivalente de Looks (ENL, por sus siglas en inglés), el cual puede estimarse mediante el método de Lee et al. (1992), estimando localmente la media y varianza en cada píxel:

$$ENL = \left(\frac{\mu}{\sigma}\right)^2 \quad (2)$$

Donde μ representa la media y σ es la desviación estándar de la muestra. En este sentido, ENL es utilizado como estimador de calidad de una imagen, y se considera que mientras mayor es la magnitud de ENL mayor calidad tiene la imagen y por ende menos speckle. El objetivo de la reducción de ruido speckle es el suavizado de zonas homogéneas en la imagen, por consiguiente, en el proceso de reducción de speckle se pierde contraste en la imagen.

De esta forma, se tiene que el ENL permite estimar el nivel de speckle en la imagen, sin considerar la pérdida de resolución espacial debida al proceso de filtrado, así que para considerar la pérdida de información asociada al proceso de suavizado, se implementan como índices de calidad la relación de señal-error cuadrático medio, denotado como S/MSE. El S/MSE se expresa en decibelios, y proporciona información sobre la degradación de resolución en una imagen filtrada, considerando la imagen inicial. La relación S/MSE se puede expresar matemáticamente en la forma:

$$R_{S/MSE} = 10 \log \left(\frac{\sum \text{píxeles } I^1}{\sum \text{píxeles } (I_2 - I_1)^2} \right) \quad (3)$$

Donde I_1 y I_2 son las imágenes filtrada y original, respectivamente. Otro indicador a considerar para definir la calidad de la imagen filtrada es el índice Q o índice universal de calidad de imagen como también se conoce, fue propuesto por Wang y Bobik (2002) y citado por Torres (2012) considerando tres factores importantes: pérdida de correlación,

distorsión del brillo y distorsión de contraste. El cálculo del índice Q se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{4 \cdot S_{xy} \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{(x^2 - y^2) \cdot (S_x^2 + S_y^2)} \quad (4)$$

Donde, S_x^2 y S_y^2 son las varianzas muestrales de las imágenes filtradas y original respectivamente, S_{xy} representa la covarianza, \bar{x} y \bar{y} son los valores promedios de las imágenes. El rango de valores del índice Q es de -1 a 1, donde el valor óptimo de calidad es 1. En este trabajo se usan simultáneamente los tres estimadores de calidad mencionados, para evaluar la implementación de filtro de media en forma espacial y multitemporal para reducción de ruido speckle, dicha implementación ha sido llevada a cabo en el paquete estadístico R.

2. FILTROS IMPLEMENTADOS

En el afán por analizar las ventajas asociadas a la disponibilidad de series temporales regulares de datos SAR, se ha seleccionado la implementación de filtros espacio-temporales y multitemporales, en aras de definir aplicaciones óptimas de los mismos en condiciones generales. A continuación se proporcionan detalles generales sobre las características de cada uno de los filtros.

1.2.1. Filtro de Media Espacio-Temporal

El filtrado de ruido speckle tiene por objeto el suavizado de zonas homogéneas dentro de la imagen. Una forma de lograr este objetivo consiste en la implementación del filtro espacial de media, el cual considera una ventana de vecinos sobre cada píxel de la imagen y asigna al valor de cada píxel la media de los vecinos que forman parte de la ventana. El tamaño de la ventana

usada puede ser seleccionado a criterio de quien implemente el filtro, algunos valores comunes son 3x3, 5x5, entre otros. La aplicación del filtro de media, en esta forma, se conoce como filtrado espacial, puesto que el suavizado se lleva a cabo en referencia a la intensidad de valores de los píxeles vecinos.

2.2. Filtro de Media Multitemporal

Para la aplicación del filtro de media en forma multitemporal, se debe disponer de una serie temporal de la escena que se espera filtrar, en la cual, cada imagen separada por cierto intervalo de tiempo es asumida como un paso de tiempo en el proceso de filtrado. Para esto, las condiciones de captura de las imágenes que conforman la serie temporal deben ser las mismas para evitar variabilidades adicionales a las esperadas de forma intrínseca por el ruido speckle.

Según Quegan et al (2000), la mayor ventaja de disponer de datos multitemporales, hace posible realizar simultáneamente filtrado espacial y temporal para aumentar los niveles de ENL en la imagen. En este trabajo no son filtradas las N imágenes que conforman la serie temporal con la intención de obtener N imágenes filtradas, sino que se usaran las N imágenes con la intención de obtener una escena filtrada de forma óptima mediante el filtro de media.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología utilizada consiste en la implementación de 3 filtros para disminución de ruido speckle. Los datos están integrados por una serie temporal de imágenes Cosmo Skymed capturadas a intervalos de 2 meses. El primer filtro corresponde al filtro multitemporal, en este filtro se suman la información de

todas las imágenes que conforman la serie temporal, y luego se divide entre el número de imágenes. El segundo filtro, comprende la evaluación de la media espacial para una ventana de 3x3, y luego sobre esta matriz de datos se aplica el filtro 1. Finalmente el tercer filtro se construye siguiendo el mismo procedimiento del filtro 2, pero usando una ventana de 5x5.

Una vez obtenidas las imágenes filtradas, se procede a tomar submuestras de zonas homogéneas, con la finalidad de realizar el análisis de calidad del procesamiento digital de filtrado de ruido speckle. En este sentido, se seleccionaron tres zonas homogéneas: zona urbana, zona de cobertura vegetal y zona conformada por cuerpo de agua.

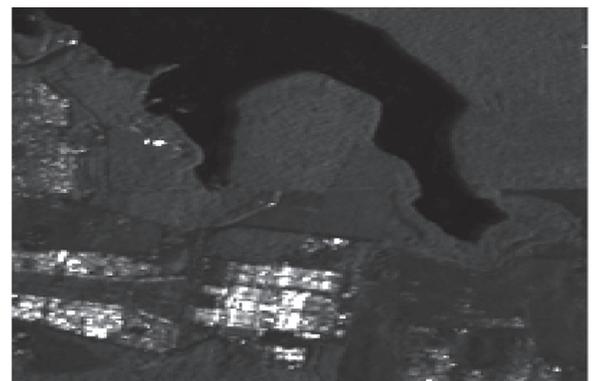
3.RESULTADOS

En la Fig. 1 se muestra la imagen original a procesar, y también las 3 imágenes derivadas del proceso de filtrado de ruido speckle. En primer lugar, es importante resaltar que en todas las imágenes se evidencia pérdida de información, lo cual se deduce a partir del suavizado en las tonalidades y textura de la imagen. Se aprecia además, que el filtro multitemporal es el que menos distorsión visual generó en la imagen. Este filtro pudo ser aplicado, debido a la disponibilidad de una serie temporal de la escena, sin la cual existiría la condicionante de utilizar exclusivamente técnicas de procesamiento espaciales como las mostradas en las figuras 1.c y 1.d.

Ahora bien, para llevar a cabo un análisis cuantitativo, se realizó la evaluación sobre muestras homogéneas, en cada imagen filtrada. En las tablas 1, 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos para las imágenes filtradas mediante cada uno de los filtros. En primer lugar se observa que, los valores de ENL más altos corresponden a los filtros



a.



b.



c.



d.

Figura 1. Imágenes: a) Inicial, b) procesada con el filtro multitemporal, c) procesada con el filtro espacio-temporal de 3x3, d) procesada con el filtro espacio temporal de 5x5.

espacio-temporales, lo cual es una evidencia de niveles más bajos de ruido speckle. Sin embargo, al evaluar S/MSE y el índice Q se tiene que estos filtros son los que más generan pérdida de resolución espacial y también distorsión de brillo y contraste, al tener los valores más bajos de índice Q. Por otro lado, se aprecia que el filtro multitemporal conserva en mejor forma la resolución de la imagen a consecuencia de mayor presencia de speckle.

Los resultados obtenidos muestran que para Los filtros espacio-temporales el ENL es mayor, y la pérdida de información asociada a la resolución es alta. Por otro lado, los valores de Q son más bajos que en el filtro multitemporal. El filtro multitemporal es el que presenta mayores niveles de speckle, pero también es el que presenta menor pérdida de información y el mayor nivel de índice Q.

ZONAS	ENL	S/MSE	IQ
Vegetación	16,37	12,51	0,62
Urbana	0,15	1,45	0,76
Agua	3,72	8,05	0,75

Tabla 1. Indicadores de calidad para filtro multi-temporal

ZONAS	ENL	S/MSE	IQ
Vegetación	22,16	11,87	0,51
Urbana	0,38	-4,97	0,46
Agua	6,78	5,16	0,47

Tabla 2. Indicadores de calidad para filtro espacio-temporal con ventana 3x3

ZONAS	ENL	S/MSE	IQ
Vegetación	10,76	4,31	0,45
Urbana	0,92	9,14	0,21
Agua	8,92	4,42	0,36

Tabla 3. Indicadores de calidad para filtro espacio-temporal con ventana 5x5

4.CONCLUSIONES

En base a los resultados planteados en este trabajo, se aprecia que los estimadores utilizados sirven de referencia para definir la calidad de imágenes filtradas, en función de niveles de speckle, pérdida de información, distorsión del brillo y contraste. Además, cabe resaltar la congruencia entre las estimaciones realizadas por cada estimador; si bien es cierto que cada uno mide parámetros distintos, físicamente están relacionados y dicha relación está descrita en conformidad con los resultados obtenidos.

Los filtros espacio-temporales aumentan en mayor medida el ENL, pero se les asocia mayor pérdida de información y mayor distorsión en la imagen. El filtro espacial temporal de 5x5 remueve en mayor nivel el speckle, pero el efecto negativo sobre la imagen es superior.

Finalmente el filtro multitemporal, mostró gran factibilidad de aplicación en zonas no homogéneas, puesto que en estas condiciones proporcionó mejores resultados en cuanto a conservación de la imagen original, aunque también menor remoción de speckle. Como era de esperar, el filtro multitemporal funciona mejor para coberturas que son estables en el tiempo (agua, urbano, bosque) y no tan eficiente para coberturas variables como cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anfinsen, S. N., Doulgeris, A. P., & Eltoft, T. (2009). Estimation of the equivalent number of looks in polarimetric synthetic aperture radar imagery. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 47(11), 3795-3809.
- Bustos, O. H., Palacio, M. G., & Frery, A. C. (2002). Filtros interactivos reductores de ruido speckle en imágenes. *Revista de Teledetección*, 17, 61-70.

Gagnon L. and Jouan A.,(1997). Speckle Filtering of SAR Images - A Comparative Study Between Complex-Wavelet-Based and Standard Filters. Departement de R&D, Lockheed Martin Canada, 6111 Ave. Royalmount, Montreal,Quebec, H4P 1K6, CANADA.

Goodman, J. W. (1976). "Some Fundamental Properties of Speckle", J. Opt. Soc. Am., Vol. 66, pp. 1145-1150.

Goodman, J. W. (1985). Statistical optics. New York, Wiley-Interscience, 1985, 567 p., 1.

Lee, J. S., Hoppel, K., & Mango, S. A. (1992). Unsupervised estimation of speckle noise in radar images. International Journal of Imaging Systems and Technology, 4(4), 298-305.

Lim J. S., Nawab H., (1981). "Techniques for Speckle Noise Removal", Opt. Engineering, Vol. 20, pp. 472-480.

Lomnicki, Z. A. (1967). On the distribution of products of random variables. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 513-524.

Oliver, C., & Quegan, S. (2004). Understanding synthetic aperture radar images. SciTech Publishing.

Quegan, S., Le Toan, T., Yu, J. J., Ribbes, F., & Floury, N. (2000). Multitemporal ERS SAR analysis applied to forest mapping. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 38(2), 741-753.

Torres L. (2012). Um Novo Algoritmo para Filtragem de Speckle em Imagens SAR de Intensidade baseado em Distâncias Estocásticas. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Curso de Mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas.

Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002). A universal image quality index. Signal Processing Letters, IEEE, 9(3), 81-84.

VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS PARA USO CARTOGRÁFICO Y SU PROYECCIÓN AL FUTURO

Jaramillo, Lenin*; Pazmiño, Ramiro**.

*Gestión Cartográfica, Instituto Geográfico Militar.

**Subdirección, Instituto Geográfico Militar.

Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito - Ecuador

lenin.jaramillo@mail.igm.gob.ec;

ramiro.pazminio@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

El sector de los Vehículos Aéreos no Tripulados (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) o Drones, como también se los conoce, está ganando un protagonismo notable en la industria cartográfica. Sus aplicaciones, en principio ligadas al ámbito militar, son extrapolables al ámbito civil, donde la propia sociedad puede convertirse en el principal beneficiario de las extraordinarias capacidades que presenta esta tecnología innovadora. En Ecuador organismos y algunas compañías del sector están inmersos en proyectos de gran envergadura para su despegue definitivo en el mercado civil. Un mercado incipiente pero con gran proyección de futuro donde el Instituto Geográfico Militar dispone del UAV Trimble UX5 de alta tecnología con el objetivo de, entre otros, generar productos cartográficos de alta precisión y rapidez.

Palabras claves: Vehículos aéreos no tripulados (UAV's), geomática, cartografía, mercado civil, fotogrametría.

ABSTRACT

The field of Unmanned Aerial Vehicles or Drones as is known, is gaining a significant role in the mapping industry. Its applications in principle linked to military, civilian extrapolated

area, where society can become the main beneficiary of the extraordinary capabilities of this innovative technology. In Ecuador agencies and some companies in the sector are involved in large projects for final start in the civilian market. An incipient market but with great future where the Military Geographic Institute has Trimble UX5 high technology with the aim of, among others, generate cartographic products fast and high precision.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAVs), geomatics, mapping, civil market, photogrammetry.

1. ANTECEDENTES

Los primeros aviones no tripulados se emplearon durante la Segunda Guerra Mundial como aviones semi-autónomos, este es el caso de los bombarderos V1, y también para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos; pero fue a finales del siglo XX cuando se utilizó el término UAV en las aeronaves que se operaban mediante radio control, con todas las características de autonomía.

Un Dron o Vehículo Aéreo No Tripulado, UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle), es una aeronave que vuela sin tripulación humana. Según la definición del Diccionario del Departamento de Defensa Americano: "Un UAV es un vehículo aéreo, con motor, que no lleva a bordo un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para elevarse, puede volar autónomamente o ser pilotado por control remoto, puede ser recuperado o ser desechable, y puede llevar una carga de pago letal o no letal.", como se puede observar la definición está más vinculada al ámbito militar y la razón es porque inicialmente su uso era exclusivo en el campo militar.

La tecnología en ámbitos de cartografía avanza a pasos gigantescos, pues los UAV son la más reciente innovación que se une a los aviones fotogramétricos convencionales

y a los satélites en la recopilación de datos de percepción remota, aunque todavía no alcanzan los resultados técnicos necesarios para obtener un producto cartográfico de precisión.

Los drones son equipados con cámaras tanto de vídeo como fotográficas de gama alta, en combinación con una serie de sensores avanzados y con baterías de alta duración, adicionado a ello, sistemas de automatización y el uso de la inteligencia artificial, conforman un sistema avanzado para tomas aéreas y derivado de esto nos ofrecen una amplia gama de aplicaciones geográficas y/o cartográficas como ortoimágenes digitales de alta resolución, que permiten delimitar y ubicar geoespacialmente los elementos de la superficie terrestre.

2. APLICACIONES Y USOS

Aunque los UAV o Drones son utilizados militarmente en vuelos de inteligencia o para seguridad, sus usos para fines civiles abarcan diversas aplicaciones, como la obtención de insumos para cartografía, gestión de cultivos y aéreas boscosas, control de incendios, monitoreo de gases, planificación y control urbano, gestión de patrimonio, entre otras aplicaciones Imagen 1.

Si se combina la tecnología UAV con otros medios avanzados se puede brindar servicios especializados de alta experiencia en el campo de la Geomática, como tecnologías de realidad virtual, teledetección, análisis de imágenes, fotogrametría en tiempo real y modelado 3D; herramientas de gran potencial que pueden ser aprovechadas para cumplir con los requerimientos de información globales, abarcando la tendencia emergente sobre la representación en 3D e incluso la información geoespacial 4D.

La necesidad de preservar y cuidar el hábitat natural está ganando importancia en la sociedad, cada vez más consciente con los aspectos medioambientales. Con esto se está



Imagen 1: Ejemplos de vehículos no tripulados UAV/ fuente: Internet-IGM

pensando en los drones, no como un elemento aislado sino como parte de un sistema con múltiples robots UAV, siendo una técnica mucho más robusta debido a la redundancia que el sistema podría ofrecer. Permite la cooperación en paralelo entre drones, ayudándose unos a otros para cubrir grandes áreas en exteriores o crear redes de sensores móviles para cuidado y monitoreo del ambiente.

Adicionalmente estos enjambres de vehículos aéreos no tripulados podrían desplegarse para realizar tareas de búsqueda ante cualquier tipo de desastre natural, como terremotos o ataques terroristas, ayudando a localizar a personas que puedan necesitar ayuda.

La utilización de drones para los fines mencionados anteriormente es posible, siempre y cuando se trabaje con una línea básica cartográfica de precisión obtenida por métodos fotogramétricos.

Los drones tienen un gran potencial en áreas muy diversas, ya que puede desplazarse

rápidamente sobre un terreno irregular o accidentado y superar cualquier tipo de obstáculo ofreciendo imágenes panorámicas y otro tipo de información recogida por diferentes sensores, por lo que en los próximos años contaremos con un gran abanico de aplicaciones.

3. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR Y SU TRABAJO CON DRONES

La visión del IGM de ser reconocidos como líderes en investigación, gestión, generación, transferencia de conocimiento y tecnología en geodesia, geomática y cartografía, y en base a la perspectiva que tienen los drones en convertirse en una nueva herramienta para la generación de productos cartográficos, recientemente adquirió un UAV (Trimble UX5) que se ha destinado actualmente, para complementar insumos básicos fotográficos faltantes de proyectos fotogramétricos así como su aplicación en proyectos de investigación.



Imagen 2: Trimble UX5/ fuente: IGM

El Trimble UX5 tiene las características que se especifican en la Tabla 1, y ha sido sometido a duras pruebas por el personal del IGM, tanto en la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado ubicada en la Antártida, por dos ocasiones, donde las condiciones de viento superan lo establecido por el fabricante y donde se obtuvieron excelentes resultados en la generación de ortofotografía y Modelo Digital de Superficie (MDS); como también en

la Laguna de Limpiopungo del Parque Nacional Cotopaxi, donde de igual forma, las condiciones de viento y llovizna comprobaron, una vez más, la resistencia y la fiabilidad del equipo. Las ortofotos tomadas alcanzaron precisiones aceptables, tomando en consideración que el área de barrido fue pequeña. Es necesario verificar dicha precisión en áreas más extensas. El IGM, cumpliendo su misión de producir la cartografía base del Ecuador, utiliza la aeronave

Tipo	Ala fija
Peso	2,5 kg
Envergadura	1 m
Dimensiones	100 cm x 65 cm x 10'5 cm
Material	Espuma de polipropileno expandido; estructura de fibra de carbono; materiales compuestos
Batería	14'8 V, 6000 mAh
Cámara	16.1 MP, sin espejo, sensor APSC, con objetivos personalizados de 15 mm
Autonomía	50 minutos
Alcance	60 km
Velocidad de crucero	80 km/h
Techo de vuelo máximo	5000 m
Tipo despegue	Catapulta de lanzamiento
Tipo aterrizaje	De vientre
Límite climático	Viento de 65 km/h y lluvia ligera
Comunicaciones y distancia de control.	Hasta 5 km
Resolución (GSD)	De 2,4 cm a 24 cm
Altura sobre la ubicación de despegue (AGL).	De 75 m a 750 m

Tabla 1. Características del UAV Trimble UX5 adquirido por el IGM.

fotogramétrica Cessna Citation II IGM 628, que por 20 años nos ha permitido fotografiar la mayoría del Territorio Nacional. Ahora, existen zonas que no se han podido fotografiar hasta el momento debido a la alta concentración de nubes y condiciones climáticas adversas; por lo que el UAV se presenta como una alternativa para la obtención de imágenes y así completar los modelos fotogramétricos.

Además, se deben realizar las pruebas necesarias para generar una metodología de trabajo para la obtención de productos cartográficos a escalas 1:5000 y 1:1000. Se estima, que en estas pruebas se podrían alcanzar precisiones acordes a estas escalas en sectores o áreas pequeñas.

Una vez que se tenga establecido y controlado todo el proceso de generación de productos cartográficos a escalas grandes, el Área de Investigación y Desarrollo del IGM y los ingenieros y técnicos operadores del Trimble UX5 se han planteado generar proyectos de investigación para ampliar los campos de aplicación del equipo, así como también en el mediano plazo, la tarea de construir nuestro propio sensor fotogramétrico para una plataforma UAV.

4. CONCLUSIONES

Numerosos estudios reflejan un incremento en la inversión de I+D de los países frente al crecimiento exponencial de los drones en defensa y el mercado civil. Además, la opinión generalizada de la comunidad científica es que el uso de los UAV's en el mercado civil se abrirá poco a poco, convirtiéndose en las nuevas técnicas aplicadas al campo de la geomática.

Estos equipos versátiles y económicos para la obtención de productos en períodos de tiempo relativamente cortos e incluso en tiempo real; serán de gran ayuda en la toma oportuna de decisiones en los sectores gubernamentales y de la población en general.

Los aviones no tripulados fotogramétricos, es decir, que incluyen un sensor con características métricas, al momento no se pueden considerar como una solución para productos cartográficos de precisión que reemplacen a los obtenidos por un avión con cámara fotogramétrica convencional, en nuestro caso, por el momento, entre otras utilidades, las imágenes de nuestro UAV Trimble UX5 nos sirve para generar insumos (imágenes) para completar información base para restitución (modelos fotogramétricos de un proyecto).

También se pueden considerar aplicaciones prácticas, como por ejemplo, cuando ya se disponga de una base cartográfica catastral, obtenida por métodos convencionales fotogramétricos y relevamiento predial en campo, con el posterior uso de un UAV fotogramétrico, se tomarían imágenes para realizar un proceso de actualización catastral de los predios, con una muy buena precisión.

Esta tecnología se encuentra en permanente desarrollo, sin embargo, actualmente no existe una legislación específica que regule el uso de este tipo de plataformas, desde el punto de vista de aeronavegabilidad (vuelo) y soberanía, que considere los diferentes tipos de sensores, sean de observación y vigilancia, fotogramétricos, espectrales, etc. El sobrevuelo desordenado y no controlado de estos aparatos, implica diferentes tipos de riesgos, en el sobrevuelo, en barrido de áreas o sectores sensibles, áreas reservadas, estratégicas, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA boletín de prensa núm. 148/14. El uso de vehículos aéreos no tripulados en las tareas Geoespaciales. México. Abril 2014.

Sánchez, Gema, et al. Vehículos aéreos no tripulados en Latinoamérica. España. Mayo 2013.

AERONÁUTICA. Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España, UAV's: aplicaciones civiles para la sociedad. España. Mayo 2010.

Romero Ricardo
Gestión de Investigación y Desarrollo
Instituto Geográfico Militar
Seniargues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador
e-mail: ricardo.romero@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

El presente artículo presenta una revisión de investigaciones en el área de las geo-ciencias aplicando la técnica de redes neuronales artificiales, como aproximador de funciones para identificar patrones o procesos que componen un fenómeno complejo en estudio. Debido al progreso y la rápida expansión de esta técnica empleada desde años atrás, específicamente en líneas de investigación articuladas a las que se desarrollan en el Instituto Geográfico Militar, se proporciona otro enfoque a los procedimientos tradicionales con modelos probabilísticos o estocásticos. Los resultados de esta breve revisión del estado del arte servirá para dar a entender la flexibilidad y adaptabilidad de una técnica no lineal, altamente dimensional y determinista en la solución de problemas que actualmente se debaten en el orden técnico – científico para la gestión de información espacial.

Palabras Clave: *Redes Neuronales Artificiales, Geo-ciencias, funciones*

ABSTRACT

This article presents a review of researches in the area of geosciences applying artificial neural network technique, it works as a function approximator in order to identify patterns or process that compound a complex phenomenon in study. Due to progress and fast spreading of artificial neural network since years ago, specifically in the frame of research of Military Geographic Institute, the aim of this paper is provide another approach to traditional methods with probabilistic or stochastic models. The results of this review will serve to understand flexibility and

adaptability of a nonlinear, highly dimensional, deterministic technique solving problems that currently are being discussed into the technical – scientific ambit of management of spatial information.

Key words: *Artificial Neural Network, geosciences, functions*

INTRODUCCIÓN

- Evolución del estudio de las geo-ciencias

El planeta Tierra visto como un sistema complejo y dinámico, integrado por varios sub-sistemas con las mismas características de complejidad y dinámica que interactúan entre sí para cumplir fines específicos, representa un conjunto estructurado, organizado y en constante retroalimentación por lo que su estudio holístico se constituye en una tarea complicada.

Hasta mediados del siglo anterior el estudio de cada uno de los subsistemas del planeta Tierra (Atmósfera, Litósfera, Hidrósfera y Biosfera) se lo realizaban en forma separada sin tener en cuenta las interrelaciones entre estos, incluyendo a esto que los datos obtenidos eran escasos y poco densos. Actualmente el concepto de Sistemas Complejos se ha extendido en las áreas del conocimiento de las geo-ciencias, apartando el criterio de estudios independientes y aislados hacia un enfoque integral basado en las sinergias de los subsistemas.

Al mismo tiempo el desarrollo computacional y satelital permitió que la adquisición de datos

y su densificación sobre un determinado territorio geográfico aumenta progresivamente junto con los análisis y cálculos extensos lo cual derivó en nuevo enfoque para el estudio de los subsistemas de forma multidisciplinaria, no lineal y altamente dimensional (V, Krasnopolsky. 2013).

Por otro lado, la técnica de redes neuronales aparece como solución a la representación del conocimiento en el campo de la Inteligencia Artificial, que era típicamente representado por redes y reglas semánticas o modelos probabilísticos, pero en el tiempo fueron apareciendo problemas más complejos que no podían expresar el conocimiento tan explícitamente, ni procesarlo, ni tampoco empleando razonamiento lógico.

- Redes Neuronales Artificiales (RNA)

El estudio y aplicación de RNA es motivado por la alta relación con los procesos de aprendizaje de las neuronas biológicas, debido a que recuperan la información y realizan tareas que anteriormente lo hacían las neuronas muertas (auto recuperación), construyen sus propias reglas de aprendizaje a través de la experiencia (conocimiento adquirido), realiza cálculos complejos en paralelo, pueden adaptarse a los cambios en el entorno y aprender las características de las señales de entrada (Kriesel, D. 2005).

La unidad mínima de procesamiento de una RNA al igual que en una red neuronal biológica es la neurona, la cual cumple con funciones específicas para el procesamiento de la información. En la figura 1 se ilustra la comparación entre una neurona artificial y biológica.

En la figura 1 se puede observar cómo las dendritas de la neurona biológica se constituyen en entradas de la información procedente de neuronas pre-sinápticas, en el caso de la neurona artificial, representa las entradas de la información (con sus respectivos pesos sinápticos) del entorno hacia la neurona.

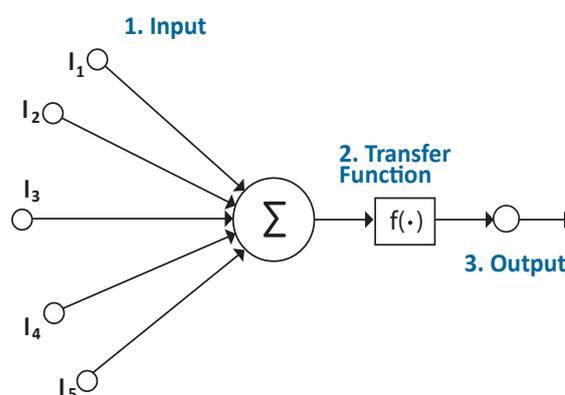
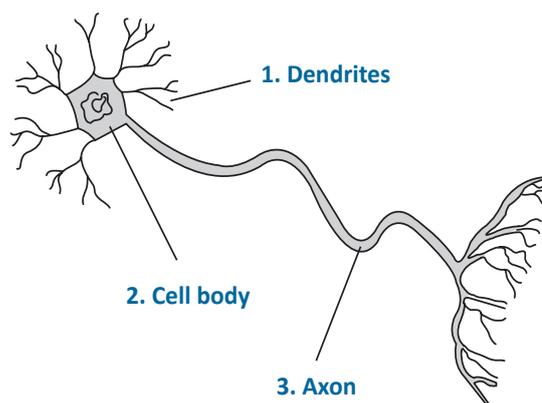


Fig. 1. Comparación de los componentes de una neurona biológica (superior) y artificial (inferior)

La información recibida se acumula en el cuerpo celular para viajar a través del axón y emitir un impulso nervioso hacia neuronas pos-sinápticas, este procedimiento en el caso de una neurona artificial se realiza gracias a una función de transferencia o de activación que permite el paso de la información hacia la salida para conectarse con otras neuronas y repetir el mismo proceso. De lo antes mencionado se puede definir a una RNA como un gran procesador distribuido conformado por unidades simples de procesamiento capaces de almacenar conocimiento y hacerlo disponible para su uso (Haykin, S. 2000).

En función de su estructura y distribución, las redes neuronales se puede clasificar en monocapa, multicapa y recurrentes, la propiedad fundamental que diferencia a la

una de la otra es el orden y cantidad de capas de neuronas que las contiene, en la figura 2 se observa de mejor manera este tipo de redes neuronales.

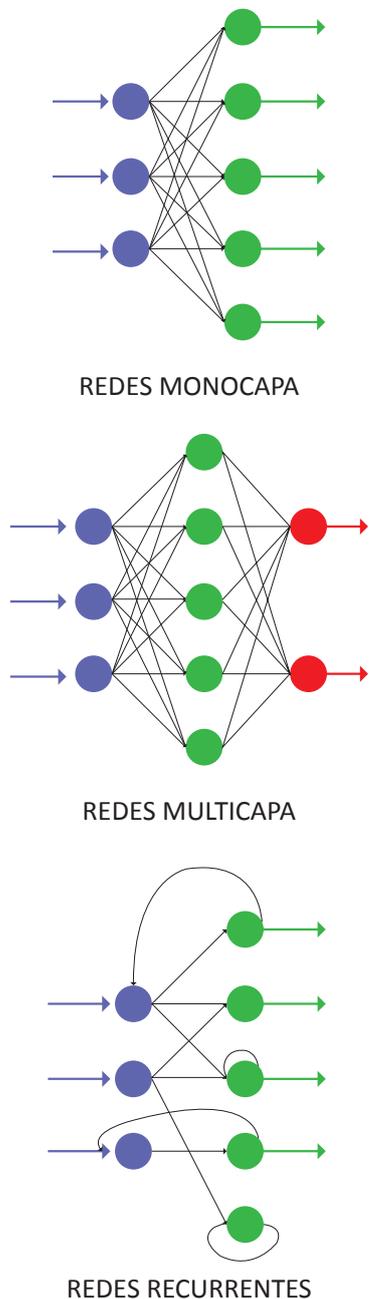


Fig. 2. Clasificación de Redes Neuronales por estructura

Otro aspecto importante en la clasificación de redes neuronales es por el tipo de conexión entre las capas o el sentido por el que viaja la señal o información, la cual puede ser unidireccional (entrada – salida) y con retroalimentación (entrada – salida – entrada).

Con esta breve introducción sobre esta técnica, es posible conocer algunas de las aplicaciones que se han dado en áreas de las geo-ciencias, específicamente en temas como cartografía, teledetección, geodesia y estudios geográficos que se presentan a continuación.

APLICACIONES DE LA TÉCNICA

- Gestión de Riesgos para control de Inundaciones.

Para la predicción de inundaciones en un determinado sector geográfico se han incorporado herramientas para el entrenamiento de una RNA, software de análisis estadístico y sistemas de información geográfica en donde se integraron variables relacionadas con inundaciones como precipitación, escorrentía, pendientes, tipo de suelo, geología y flujos de acumulación, con lo cual se pudo determinar el grado de sensibilidad de cada una de las variables así como modelar el hidrograma con un coeficiente de determinación (R) de 1 (Kia, M. B. et al. 2011). En la figura 3, se observa la integración de cada una de estas variables para adaptarla con esta técnica.

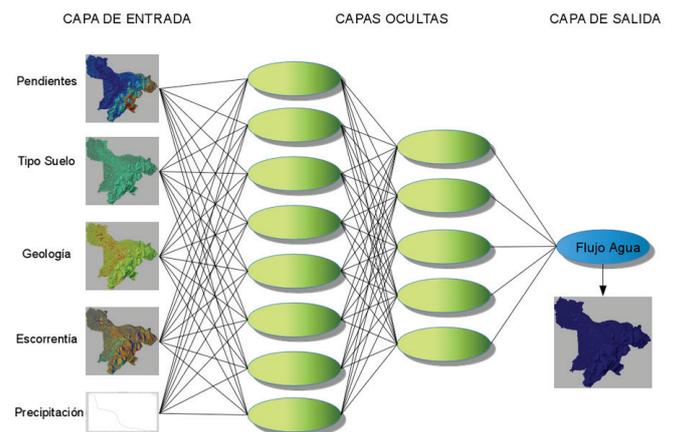


Fig. 3. Modelo de red neuronal multicapa para determinar el flujo de crecida de un río para determinar escenarios de inundación. Fuente: Kia M., 2011

- Detección de áreas incendiadas en teledetección.

En el área de teledetección esta técnica ha favorecido en la determinación de patrones de los niveles digitales de las bandas radiométricas de los sensores de observación terrestre para buscar una función que se aproxime al nivel digital del fenómeno en estudio (en este caso incendios). El aprendizaje de la red neuronal para este tipo de estudio puede ser supervisado y la topología de igual forma varía dependiendo los objetivos del autor, se puede revisar (Al-Rawi, K. & Casanova J. 1999) y (Muñoz, C. et al. 2007) los mismos que utilizan un red ART (Adaptive Resonance Theory) y una monocapa, respectivamente. Según los resultados expuestos en ambos trabajos se evidenció que se puede analizar la evolución de un incendio forestal gracias a la resolución espacial, firmas espectrales y la alta precisión de RNA en la detección de zonas quemadas. En la figura 4 se ilustra el reconocimiento de las áreas de interés de las imágenes satelitales para determinar los patrones para el entrenamiento de la RNA.

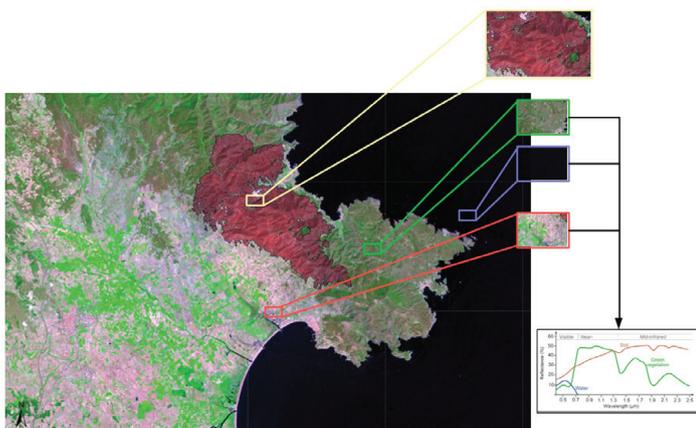


Fig. 4. Reconocimiento del nivel digital de las áreas por identificarse en varias bandas espectrales. Fuente: Usero L., 2010

- Modelo local de ondulaciones geoidales con datos de nivelación y GPS.

Se presentó la aplicación de RNA como alternativa para solucionar el problema de la geodesia física en su intento de calcular una superficie que permita homogeneizar el sistema de referencia vertical de un país o región. En un estudio comparativo entre funciones polinomiales, mínimos cuadrados colocación

y RNA, se determinó que el RMSE de las tres técnicas en la fase de validación no tienen diferencias significativas, pero a diferencia de las dos anteriores, la técnica de RNA pudo evitar grandes desplazamientos entre la superficie real y la calculada, esto se pudo verificar en sus desviaciones mín/máx = -7.1 / 8.9 cm a nivel del mar (Kavzoglu, T. & Saka, M. 2005). Obviamente los resultados pueden verse alterados en zonas con diferente presencia de masas como las montañosas, fluviales y oceánicas

- Determinación y predicción de parámetros orbitales terrestres.

Los parámetros orbitales terrestres (movimiento polar y longitud del día) son de relevancia para la geodesia y la astronomía en temas de navegación con GPS, navegación de satélites terrestres y naves espaciales interplanetarias, y por láser que van a los satélites y la Luna. La predicción de estos parámetros serviría para calcular con mayor precisión los parámetros orbitales empleados en el posicionamiento en tiempo real de precisión, permitiendo optimizar tiempo en procesamiento de la información. El empleo de RNA para la predicción de los parámetros orbitales se presentó como herramienta que iguala y mejora en algunos casos la predicción realizada con otros modelos utilizando datos del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y del proyecto HPPARCOS (Schuh H. et al. 2001).

- Georeferenciación de mapas históricos.

La importancia de este tipo de estudios se fundamenta en la preservación del valor patrimonial y su aporte a la cultura, educación, economía y antropología. Según Yilmaz I. & Gullu M., al utilizar una RNA con algoritmo de retropropagación se alcanza diferencias menores al 4% en superficie entre mapas históricos y mapas actuales digitalizados, presentando las redes neuronales como alternativa a la transformación afín. En la figura 5 se observa los resultados obtenidos con esta metodología.

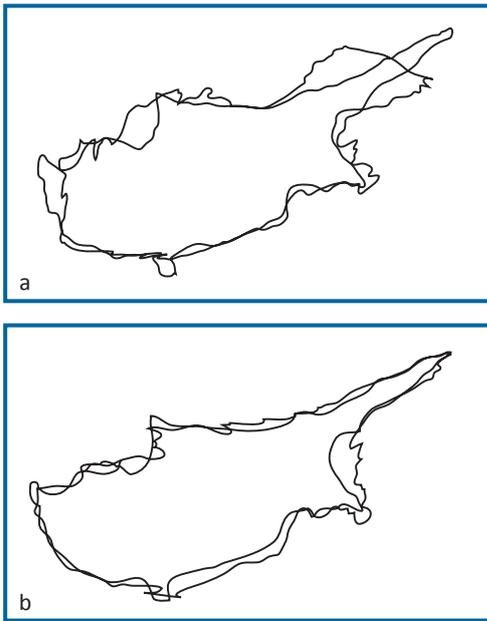


Fig. 5. (superior) Comparación entre la superficie real y la superficie transformada por el método afín. (inferior) Comparación entre la superficie real y la superficie transformada con una red neuronal artificial. Fuente: Yilmaz I. & Gullu, M. 2011.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se presentó una breve revisión de investigaciones relacionadas con la aplicación de redes neuronales artificiales en ciertas áreas de las geo – ciencias relacionadas con las competencias del Instituto Geográfico Militar, con lo cual se pretende demostrar la factibilidad y condiciones de éxito para metodologías de predicción, aproximación de funciones y algoritmos y, modelamiento de esta técnica.
- Las características y naturaleza de una RNA – no lineal y compleja – concuerda con los conceptos actuales de estudio en el área de las geo – ciencias, las mismas que por varios años han sido tratados como casos aislados e independientes.
- Se recomienda la aplicación de RNA en los casos de estudio para investigación como una técnica alternativa a otra antes propuesta, para comparar los resultados y establecer su precisión externa que demuestre la validez y generalización de sus resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy*, Walter de Gruyter, Segunda Edición, New York. pp. 12.
- Krasnopolsky, V. (2013). *The Application of Neural Networks in the Earth System Sciences*, Camp Spring, MD, USA. Pp 13.
- Kriesel, D. (2005). *A Brief Introduction to Neural Networks*. Obtenido desde: http://www.dkriesel.com/en/science/neural_networks.
- Haykin, S. (2000). *Neural Networks. A Comprehensive Foundation*, Pearson Education, Inc. India.
- Kia, M. B. et al. (2011). An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River Basin, Malaysia. *Environmental Earth Science* 67:251–264.
- Al-Rawi, K. & Casanova J. (1999) . Aplicación de las redes neuronales para el control y seguimiento en tiempo real de los incendios forestales mediante imágenes NOAA-AVHRR. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete, España. pp. 244-247.
- Muñoz, C. et al. (2007). Detección de incendios forestales utilizando imágenes NOAA/16-LAC en la Región de La Araucanía, Chile. *BOSQUE* 28(2): pp. 119-128.
- Usero, L. (2010). *Inteligencia Computacional en Teledetección. Control de contenido de humedad en combustible en superficie terrestre mediante imagen satélite para prevención de incendios*. Obtenido de Universidad de Alcalá, Departamento de Ciencia de la Computación, España.
- Kavzoglu, T. & Saka, M. (2005). Modelling local GPS/levelling geoid undulations using artificial neural networks. *Journal of Geodesy* 78: pp. 520–527.
- Schuh H. et al. (2001). Prediction of Earth orientation parameters by artificial neural networks. *Journal of Geodesy* 76: pp. 247–258.
- Yilmaz I. & Gullu M. (2011). Georeferencing of Historical Maps Using Back Propagation Artificial Neural Network. *Experimental Techniques* 36: pp. 15–19.

ECONOMETRÍA ESPACIAL: CUANTIFICANDO Y ESTIMANDO LAS RELACIONES EN EL ESPACIO

Pástor, Jacob

Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar

Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador

jacob.pastor@mail.igm.gob.ec ;

jacob_pastorpaz@hotmail.com

“Si los datos son explotados exhaustivamente, la naturaleza siempre confesará”

“If you torture the data enough, nature will always confess”

Ronald Coase

RESUMEN

El artículo presenta conceptos y varias nociones básicas sobre la metodología de la econometría clásica y profundiza sobre varios aspectos de la econometría espacial. A partir del hecho de que la ubicación geográfica de una unidad de observación puede ser aleatoria o no aleatoria, se presenta a la econometría espacial como un método que permite formalizar, cuantificar, explicar las causas y las consecuencias de las relaciones que suceden en el espacio en un contexto de la presencia de fenómenos no de naturaleza aleatoria. Específicamente, se presentan los conceptos de dependencia y heterogeneidad espacial como fenómenos que deben ser introducidos en el análisis de regresión lineal múltiple como variables espaciales – conocidas como matrices de pesos – a fin de capturar el efecto que tiene el espacio sobre los comportamientos y los resultados de las interacciones entre las unidades de observación.

Palabras clave: *econometría espacial, modelos de regresión lineal, dependencia y heterogeneidad espacial, variables espaciales.*

ABSTRACT

This article provides a basic insight into classic econometrics and deepens into some of the spatial econometrics' foundations. From the fact that geographic location can be random or not, the discipline of spatial econometrics arises as a tool that allows one to specify, quantify and explain the causes and consequences of the relationships occurring across space. The concepts of spatial dependence and spatial heterogeneity are explained along with how to formalize these concepts in the context of a regression model in the form of spatial variables – also known as weight matrixes. These weight matrixes are defined with the aim of capturing the effect that space has over the behaviours and the results emerging from the interactions that occur between units of observation.

Key words: *Spatial econometrics, linear regression models, spatial dependence and spatial heterogeneity, spatial variables.*

1. INTRODUCCIÓN

La simple ubicación o referencia geográfica de una unidad de observación - sea esta una parcela, una vivienda, empresa, individuo u otra unidad de observación- añade poca información para entender y explicar el por qué de la ubicación de dicha unidad de observación y sobre las interacciones que suceden en el espacio entre distintas unidades de observación (Gibbons et al, 2014). En este contexto, los métodos de la econometría espacial emergen como una herramienta que permite cuantificar, explicar y predecir los efectos aleatorios y determinísticos (de causa) de las interacciones que suceden en el espacio entre un conjunto de unidades de observación.

En cuanto se refiere a la identificación de distribuciones, procesos, patrones y relaciones espaciales, la literatura reporta un sinnúmero de índices y métodos que permiten determinar la existencia o no de un componente aleatorio en un fenómeno espacial. Así, la determinación de un fenómeno como aleatorio o no descansa en el cómputo de índices (pruebas estadísticas) que dan cuenta de la distribución espacial subyacente a un fenómeno. Entre otros índices se cuenta con: Índices de disimilitud (disimilitud) y aislamiento (Glaeser and Vidor, 1999), índices de concentración - especialización – desarrollado por Krugman, índices de asociación espacial como el Índice de Morán o Getis Ord Statistics ¹ (Gibbons et al, 2014).

Sin embargo, estos y otros índices se limitan a reportar la presencia o no de aleatoriedad de un fenómeno espacial. En este sentido, la econometría espacial trasciende al simple diagnóstico de aleatoriedad por cuanto identifica las causas y los efectos que tiene la dimensión espacial no aleatoria sobre un determinado fenómeno.

En el campo económico, la modelización y estimación de la no aleatoriedad de la ubicación geográfica permite responder a preguntas como: ¿Por qué los individuos y las empresas se aglutinan en áreas urbanas densas? ¿La concentración espacial de la pobreza es una manifestación o un determinante de las acciones individuales? ¿Cómo afecta la ubicación la manera en que los individuos, empresas e instituciones interactúan? (Gibbons et al, 2014).

En este contexto, previo al desarrollo de las ideas básicas detrás de la econometría espacial es necesario introducir algunas nociones sobre la econometría clásica.

¹ Nótese que todos estos índices han sido desarrollados para casos en donde se considera al fenómeno espacial como discreto. Otro conjunto de pruebas (test) han sido desarrollados para cuando se considera al espacio continuo. Es de vital importancia la forma en que se considera el espacio a fin de emplear un método acorde.

2. ECONOMETRÍA CLÁSICA: CONCEPTOS Y METODOLOGÍA

El análisis econométrico se sirve de la teoría económica, y la inferencia estadística para cuantificar fenómenos económicos. El objetivo de la econometría es cuantificar un postulado o relación cualitativa (IMF, 2012); Así, es menester de un econometrista la verificación empírica de la teoría económica. (Gujarati, 2004). Si bien el término “econometría” etimológicamente se define como “medición económica”, ésta disciplina emplea técnicas de análisis de datos estándar que no son exclusivas del campo económico y que han sido aplicadas en diversas ramas de las ciencias sociales y naturales por varias décadas.

En este contexto, los modelos de regresión lineal múltiple – principal herramienta de la econometría - determinan “la dependencia de la variable de respuesta, respecto de una o más variables explicativas, con el objetivo de estimar y/o predecir el valor promedio de la primera en términos de los valores conocidos de las últimas” (Gujarati, 2004).

A modo de ilustración, una de las aplicaciones del análisis de regresión lineal múltiple en el campo de la geomática corresponde a los modelos de predicción del error en modelos digitales del terreno (DTM, por sus siglas en inglés). En estos modelos de predicción, se establece la relación entre el error vertical (variable de respuesta o dependiente) y las características geomorfológicas del terreno (variables explicativas o independientes), a saber: La pendiente, el aspecto y la curvatura del terreno (concavidad o convexidad) (Papasaika, 2012). En este contexto, el análisis de regresión permite estimar el efecto que tiene el cambio de una variable explicativa (llámese pendiente o curvatura del terreno) sobre la variable dependiente (el error vertical) (Pástor, 2014).

Metodología de la econometría

La metodología para el análisis econométrico comprende:

- **Planteamiento de la teoría o de la hipótesis.** Se establecen las relaciones entre las variables con base a evidencia teórica o empírica. Por ejemplo, se plantea la dependencia entre el error (precisión) de un DTM y sus características geomorfológicas; o la dependencia entre el ingreso monetario de un hogar y las características sociodemográficas (nivel de educación, empleo) de sus miembros.
- **Especificación matemática y estadística de la teoría.** Se especifican las relaciones entre las variables explicativas (x) y la variable de respuesta (y).

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

- **Obtención de datos.** Corresponde a la recolección de datos experimentales u observacionales.
- **Estimación de los parámetros del modelo econométrico.** Corresponde a la estimación de la función de regresión en donde los parámetros de los modelos son estimados.
- **Prueba de hipótesis.** Es la prueba estadística en donde se determina la consistencia del parámetro, dada una hipótesis.
- **Pronóstico o predicción.** Es la cuantificación de las relaciones de dependencia en donde se estima un valor predicho, o la tasa de cambio de la variable de respuesta ante un cambio en una variable explicativa.
- **Utilización del modelo para fines de decisión.** Todo resultado es insumo que se utiliza con fines de decisión. A modo de ilustración, si se ha determinado a través de un análisis de regresión que un año más de educación secundaria explica un incremento de un 30% en el

consumo de bienes básicos de un hogar, es deseable el acceso universal a la escuela secundaria.

Es preciso anotar que el proceso econométrico no es necesariamente lineal, sino que puede ejecutarse de manera iterativa; Por ejemplo, de la etapa de prueba de hipótesis es posible regresar a la etapa de planteamiento de la hipótesis, o la etapa de la especificación matemática y estadística de la teoría.

3. ECONOMETRÍA ESPACIAL: CONCEPTOS Y METODOLOGÍA

La inclusión de la dimensión espacial en un análisis econométrico – a través de la inclusión de variables espaciales – permite predecir y explicar comportamientos entre unidades de observación en el espacio considerando su ubicación, características, elecciones e interacciones. “Las variables espaciales típicamente se construyen como combinaciones lineales de las observaciones adyacentes...” (Gibbons et al, 2014).

Todo conjunto de datos con una referencia espacial empleados en un análisis de regresión indefectiblemente presentan dependencia y heterogeneidad espacial. Esta dependencia y heterogeneidad transgreden los supuestos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) empleados en los modelos de regresión lineal, por lo que los métodos de estimación y/o predicción deben ser distintos a los de la econometría clásica.

El análisis de regresión lineal se sustenta en los supuestos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)² desarrollados por F. Gauss y A. Markov y constituyen las bases de la teoría econométrica clásica. La revisión de cada uno de los supuestos va más allá del alcance de este artículo, sin embargo es preciso revisar dos de los diez supuestos de los MCO pues están íntimamente relacionados con el objetivo del

² Otros métodos de estimación incluyen el método es el de Máxima Verosimilitud y Métodos Bayesianos.

presente documento, a saber, la econometría espacial y su utilidad para modelar relaciones espaciales.

Formalmente, un modelo de regresión lineal espacial genérico que captura las relaciones espaciales se define como:

$$Y = X\gamma + G_y y\beta + G_x X\theta + G_z Z\delta + G_v V\pi + \varepsilon$$

En donde Y es la variable de respuesta, X γ es un vector de características de las unidades de observación y los términos acompañados por G corresponden a las especificación de las relaciones espaciales que pueden definirse por contigüidad de las unidades de análisis, distancias, buffers. La especificación de las variables espaciales se detallará más adelante.³

3.1 Dependencia espacial

El concepto de dependencia espacial se enmarca en la primera ley de la Geografía de Tobler que establece que “todas las cosas están relacionadas, pero las cosas más próximas están más relacionadas que las distantes” (Longley et al 2005). Es decir, los valores de las observaciones en la locación (i) están correlacionados con los valores de las observaciones en la locación (j), lo que transgrede el supuesto de MCO en donde las variables explicativas son fijas en muestreo repetido (LaSage, 1999). En este contexto, es preciso cuantificar y modelar la naturaleza de la función de dependencia espacial a fin de incluir tales relaciones en la estimación de los parámetros de regresión.

Formalmente la dependencia espacial se define como:

$$y_i = f(y_j), i = 1 \dots n, j \neq i$$

³ La inclusión o no de estas variables espaciales y su respectiva especificación en modelos econométricos da lugar a una tipología de modelos espaciales, a saber: Modelos autorregresivos, Spatially lag models, Durbin models y Error models. El tratamiento de cada uno de estos modelos va más allá del alcance del presente artículo, sin embargo es necesario mencionarlos por cuanto constituyen herramientas que permiten cuantificar y explicar una variedad de fenómenos espaciales.

En la Figura 1 se presenta la incidencia de un fenómeno en el espacio en donde los valores de dependencia espacial son mayores dentro de una misma curva de nivel respecto de los valores de dependencia en observaciones ubicadas en diferentes curvas de nivel.

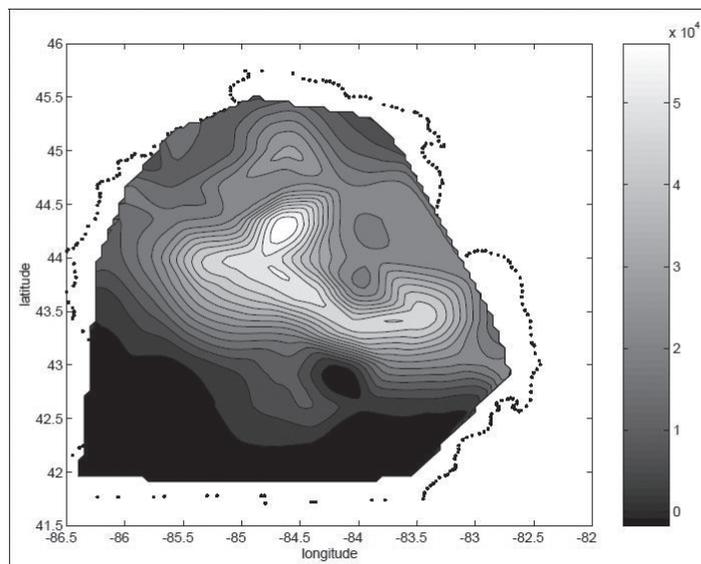


Figura 1. **Dependencia espacial.** Los valores de correlación para observaciones dentro de una misma curva de nivel son más altos que el valor de la correlación para observaciones localizadas en distintas curvas de nivel. Tomado de LaSage (1993).

3.2 Heterogeneidad espacial

La heterogeneidad espacial es la variación de las relaciones a lo largo del espacio. La heterogeneidad espacial da lugar a la transgresión del supuesto de MCO en donde se asume que solamente una relación ocurre en el espacio, es decir que los valores de las medias y de las varianzas no cambian a través del espacio (Gujurati, 2004). Para ilustrar este hecho, considérese el ejemplo de LaSage (1993) en donde se presentan tres distribuciones que reflejan el cambio de los precios de casas dada la distancia respecto de un centro de actividad económica en una determinada ciudad. La Figura 2 muestra una relación en donde los precios de los inmuebles incrementan conforme aumenta la distancia al centro financiero, revelándose la heterogeneidad de un fenómeno (precios de inmuebles) conforme cambia el espacio (distancia).

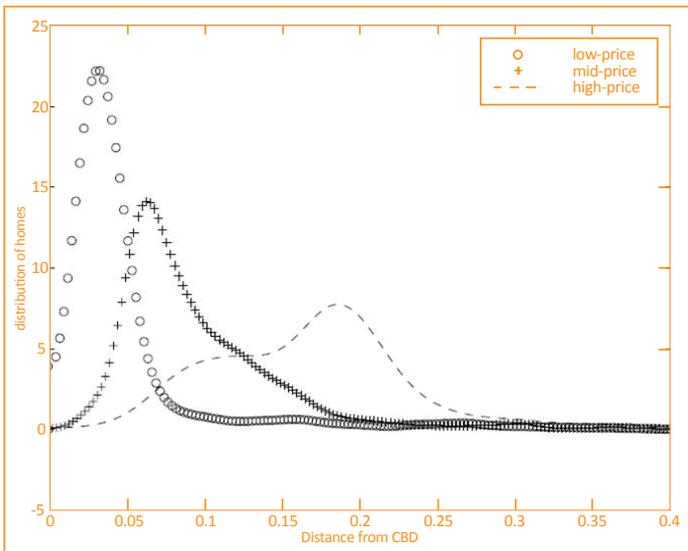


Figura 2 **Heterogeneidad espacial.** La relación entre precio de un inmueble y su distancia respecto de un centro de negocios en una ciudad (centroide) cambia a lo largo del espacio.

3.3 Variables espaciales: Capturando las relaciones de dependencia espacial en los modelos econométricos

En líneas anteriores se mencionó que la econometría clásica se diferencia de la econometría espacial en que ésta última formaliza y cuantifica las relaciones espaciales subyacentes a un fenómeno. Estas relaciones espaciales son introducidas en los modelos econométricos como variables espaciales que se definen a través de la construcción de matrices que revelan las diferentes interacciones espaciales determinadas por la existencia o no de relaciones de contigüidad, distancia o buffers. La definición de contigüidad no es única y se especifica según sea la aplicación práctica. LaSage (1983) reporta seis formas para definir las relaciones espaciales, estas son: Contigüidad lineal, rook contiguity, bishop contiguity, double linear contiguity, double rook contiguity y queen contiguity.

La construcción de una matriz de interacciones es intuitiva, por ejemplo: Si se desea determinar los efectos que tiene la adyacencia de seis regiones sobre el comportamiento individual y conjunto, dada su relación espacial de contigüidad, construimos una matriz simétrica de seis por seis (6x6) en donde los elementos

de las filas y columnas toman valores de uno o cero. El valor de uno es asignado a las regiones que son contiguas mientras que los valores de la matriz para las regiones (polígonos regulares o irregulares) que no se tocan se asigna el valor cero. Así, la matriz de pesos espaciales puede lucir como en la Figura 3

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

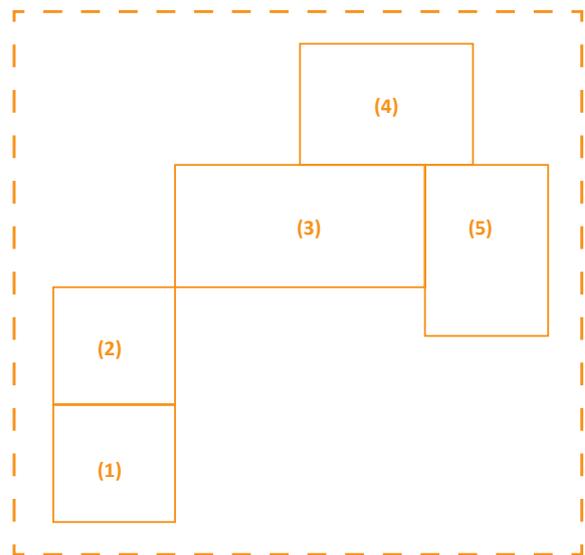


Figura 3 **Matriz de pesos espaciales bajo la definición de contigüidad en donde $W=1$ si las áreas comparten un borde común.** Por simetría $W_{12}=1$ y $W_{21}=1$; de igual manera, $W_{35}=1$ y $W_{53}=1$.

La introducción de las variables espaciales en un modelo econométrico – indistintamente de la definición de contigüidad o distancia – deben ser normalizadas, es decir, la suma de los elementos de las filas deben ser uno. La noción detrás la normalización es la de ponderación de todas las relaciones o interacciones espaciales, de ahí que se denomine matriz de pesos. En este contexto, una matriz de pesos se incluye al conjunto de variables explicativas, es decir, los parámetros de la regresión y las predicciones darán cuenta de la dependencia espacial existente en el conjunto de datos del fenómeno en estudio.

3.4 Capturando las relaciones de heterogeneidad espacial

Las relaciones de heterogeneidad espacial en el contexto de una regresión lineal espacial se especifican de tal manera que los parámetros del modelo varían a lo largo del espacio. En contraposición a la econometría clásica en donde se estima un solo parámetro para todo un conjunto de datos, la econometría espacial permite estimar un conjunto de parámetros cuya influencia es distinta para subconjuntos de datos. Entre otros métodos, la regresión geográfica ponderada (GWR, por su acrónimo en inglés) o el método de expansión resaltan en el contexto de heterogeneidad espacial. Particularmente, en la regresión geográfica ponderada se construyen ecuaciones para cada unidad de observación utilizando sub-muestras del conjunto de datos. Estas sub-muestras se definen a través de varios métodos como las matrices de Kernel, Ancho de banda, Distancia y número de vecinos adyacentes.

Para el caso del método de expansión, la lógica se mantiene pues se construyen ecuaciones de regresión que cambian a fin de ajustarse linealmente en los distintos clusters de información existentes.

4. CONCLUSIONES

La ubicación geográfica de una unidad de observación no es información suficiente para entender las relaciones e interacciones aleatorias y no aleatorias que se dan en el espacio. Si bien es posible determinar la naturaleza aleatoria o no aleatoria de un fenómeno espacial a través del cálculo de índices y pruebas estadísticas, la resolución de problemas demanda establecer las causas y las consecuencias de la no aleatoriedad de un fenómeno espacial.

La econometría espacial, en contraste con la econometría clásica ofrece métodos que permiten formalizar, explicar y predecir resultados que consideran las características

de cualquier conjunto de datos con una referencia espacial. Si bien es cierto que ambas econometrías siguen un método similar, la econometría espacial incluye variables espaciales, también llamadas matrices de pesos, que contienen las relaciones de dependencia y heterogeneidad que se dan en el espacio. Estas matrices de pesos se definen en base a relaciones de contigüidad y distancia de las unidades de observación y su especificación depende meramente de la aplicación práctica.

Si bien el término econometría hace alusión a la “medición económica”, sus métodos y técnicas de análisis de datos no son exclusivas del campo económico y las aplicaciones son diversas en las ciencias sociales y naturales.

REFERENCIAS

- Gibbons S.; Overman H.; Patacchini E. Spatial methods. Economic and Social Research Council. United Kingdom, 2014.
- Gujarati D; Dawn P. Econometrics. Editorial Mac Graw Hill. México (2004).
- International Monetary Fund, Econometrics: Making theory count. Date of page 2012, last accessed 20/02/2105.
- LeSage, James P. Spatial econometrics. Morgantown, WV: Regional Research Institute, West Virginia University, EE.UU. 1999.
- Longley P; Goodchild M.; Maguire D.; Rhind D. Geographic information systems and science. John Wiley & Sons, 2005.
- Papasaika-Hanusch, C. Fusion of Digital Elevation Models. Unpublished Doctoral thesis, ETH Zurich, Switzerland, 2012.
- Pastor Jacob. Merging digital surface models from different collection technologies, accuracies and spatial resolutions. Unpublished MASTERS´thesis. United Kingdom, 2014.

APROXIMACIONES INICIALES SOBRE LA DINÁMICA PRODUCTIVA DE LA PARROQUIA FÁTIMA DEL CANTÓN PASTAZA EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA

Villagómez, Martha; Cuesta, Rosa
Gestión Geográfica, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito - Ecuador
martha.villagomez@mail.igm.gob.ec;
rosa.cuesta@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

La parroquia de Fátima, localizada en las cercanías de la ciudad del Puyo, entrada a la Amazonía ecuatoriana, es un área rural en la cual predomina la actividad agropecuaria, estos territorios fueron ocupados por procesos de colonización impulsados mediante políticas de Estado que buscaban la ocupación de zonas despobladas y la consolidación de fronteras vivas.

Flujos migratorios de la serranía fueron los que a su tiempo ocuparían estas zonas, llevando consigo todas las técnicas tradicionales de cultivo así como formas de organización social, las que fueron aplicadas en este ecosistema natural provocando la alteración del mismo, resultado de todo este proceso es el avance de la frontera agrícola en desmedro de la vegetación natural y la respectiva pérdida de biodiversidad. Un limitante natural de esta zona es la capa de suelo, ésta se deteriora más rápido de lo que se recupera, además las técnicas usadas para el pastoreo del ganado contribuyen para acrecentar este problema ambiental, que afecta a la economía de las familias limitando sus ingresos.

El reto que tiene el Estado ecuatoriano para conseguir un desarrollo sustentable en la zona, es el plantear estrategias y proyectos que permitan consolidar la estructura de esta

parroquia así como conseguir una comunidad comprometida con su territorio y el medio ambiente.

Palabras clave: desarrollo territorial, Fátima, Amazonía ecuatoriana.

ABSTRACT

Fatima's parish, located in the outskirts of Puyo city, brought in to the Ecuadorian Amazonia, which it's a rural area in where prevails agricultural activity, these territories were occupied by processes of colonization impelled by means politics of the state that were looking the occupation of areas and the consolidation of living borders.

Migratory flows of the mountainous range were those that to its time would occupy these areas, bringing with them all the traditional skills of cultivation like forms of social organization, which were applied in this ecosystem native provoking the alteration of the same one, resulted from all this process is the advance of the agricultural border in decline of the natural vegetation and respective loss of biodiversity.

Limitations of the physical environment of this area is soil layer, this one deteriorates more rapid than it recovers, also the skills used for the pasture of the cattle contribute to increase this environmental problem, which affects to the economy of the families bordering its income.

The challenge that has the Ecuadoran State to obtain a development sustainable in the area, it's raising strategies and projects that they allow to consolidate the structure of this parish as well as to obtain a unit compromised with its territory and the environment.

Keywords: Territorial Development, Fatima, Ecuadorian Amazon.

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto: “Propuesta metodológica para la caracterización biofísica, socioeconómica y ambiental de la Amazonía ecuatoriana: caso de estudio, cantón Pastaza-provincia Pastaza”, que ejecuta la Gestión Geográfica del Instituto Geográfico Militar, se ha planificado la elaboración de productos intermedios que reflejen el avance del proceso de investigación, el presente documento es una muestra de esta actividad. El relevamiento de información geoestadística referente a las actividades productivas que predominan en la parroquia de Fátima perteneciente al cantón Pastaza, han permitido esquematizar en forma preliminar la dinámica productiva de esta zona, tema central en la construcción del objetivo final de la investigación propuesta, que es la construcción de metodologías y modelos geográficos que respondan a las particularidades que presentan los diversos territorios de la Amazonía ecuatoriana.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La región Amazónica ecuatoriana, se ubica en la cuenca alta del Amazonas, ocupando territorios con una extraordinaria diversidad en términos de recursos naturales, culturales y económicos; además existen, conflictos ligados a las actividades extractivas como la petrolera, minera, uso del suelo, contaminación, contrabando de especies, altas tasas de crecimiento poblacional, marginación administrativa, pobreza, contaminación ambiental, entre otros.

En este escenario, es indudable que existe una relación directa entre el número de habitantes, la superficie ocupada, las características del ambiente y la generación, intensificación y frecuencia de los problemas ambientales ligados a factores como: producción, consumo, desechos, actividades económicas, costumbres y apertura de zonas

de bosque, traducidas en el avance de la frontera agrícola.

La parroquia Fátima, localizada en la Amazonía ecuatoriana, no se encuentra al margen de la problemática antes referida, las actividades económicas predominantes (agricultura y ganadería) han impulsado un avance significativo de la frontera agrícola en los últimos años. La poca fertilidad del suelo debido a condiciones edáficas y climáticas propias influye notablemente en la producción agrícola de la zona. Las prácticas ganaderas de igual forma provocan compactación del suelo y su respectiva degradación.

En resumen el proceso de ocupación de este ambiente natural y las actividades antrópicas desarrolladas, han provocado una alteración sustancial de los ecosistemas, lo que redundo en la pérdida de biodiversidad.

La problemática ambiental ligada a las actividades antes descritas han sido consideradas como eje principal para el desarrollo de un sin número de proyectos que tienen como objetivo mejorar las condiciones propias de la población en equilibrio con el medio que los rodea.

La configuración del espacio geográfico de la Amazonía ecuatoriana, es el resultado principalmente de los movimientos poblacionales impulsados a partir de la Ley de Reforma Agraria y Colonización expedida en 1964. La ocupación de la Amazonía es impulsada específicamente a partir de 1970, migración que ha tenido graves implicaciones ambientales, sobre todo a lo largo de una franja de dirección meridiana, situada al pie de la cordillera, que va desde Nueva Loja, al norte, hasta Zamora al sur, con un área intervenida aproximada de 13 000km², que representa el 11% del área total de la región Amazónica ecuatoriana. Se estima que el 70% de esta población es colona, proveniente

principalmente de las provincias de Loja, Bolívar y Pichincha. (Figura 1)

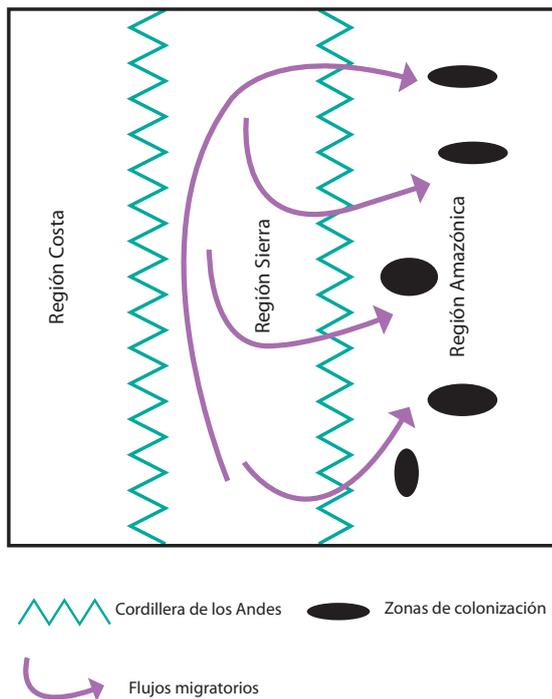
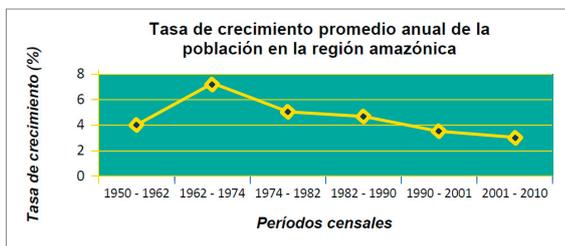


Figura 1. Esquema del proceso de colonización de la región amazónica

La ocupación del territorio amazónico es además el resultado de la planificación del fomento agropecuario, de la colonización dirigida, así como también de las migraciones para suplir la necesidad de contar con mano de obra para las actividades petrolera y minera que tuvieron mayor influencia entre los años 1962-1974 como se observa en el siguiente gráfico.



Fuente: INEC, varios censos

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Localización y características generales

La parroquia de Fátima se localiza al este del Ecuador, en la provincia de Pastaza, específicamente en el cantón del mismo nombre, es una zona que se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, es una parroquia muy cercana a la ciudad del Puyo, capital provincial, cuya conectividad vial ha mejorado en el transcurso de los últimos años. La superficie total de la parroquia es de 82 km² (figura 2 y 3).

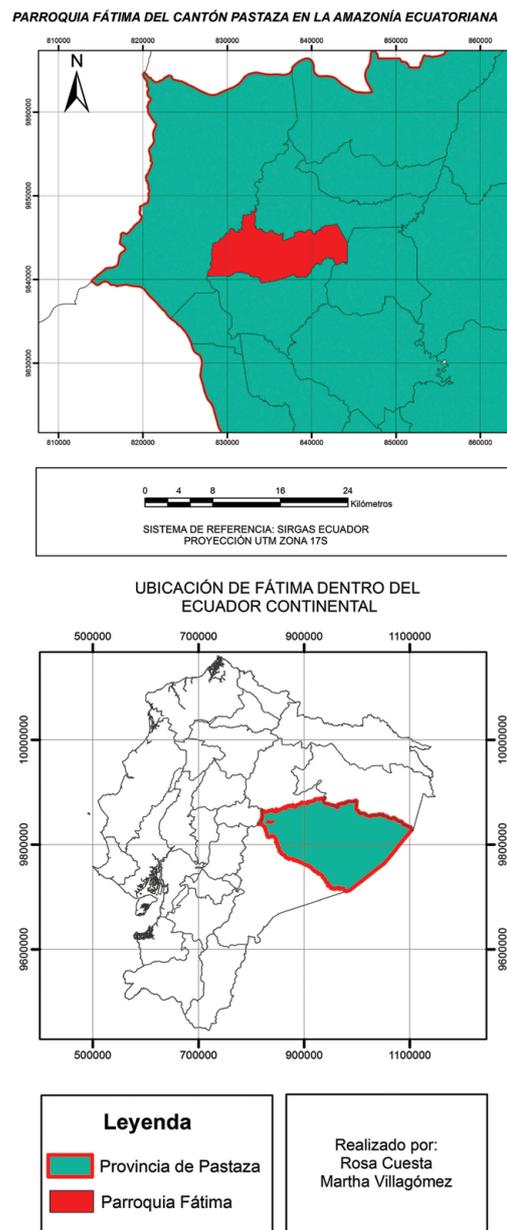


Figura 2. Ubicación del área de estudio

La parroquia de Fátima tiene una población de 941 habitantes y su densidad poblacional

alcanza los 11,47 hab/km², según los últimos dos censos tiene un crecimiento poblacional del 1,32% menor al promedio nacional que se ubica en el 1,95% para el período intercensal 2001-2010.



Figura 3. Ortofoto de la Parroquia Fátima, con límites de fincas

Es importante destacar que la Parroquia de Fátima es parte de uno de los ecosistemas más sensibles del mundo, el bosque húmedo tropical, cuyo alto grado de biodiversidad se constituye en su principal característica.

Respecto a la autoidentificación étnica, según su cultura y costumbres, mayoritariamente se identifican como mestizos con un 93% (875 personas) y 66 habitantes como indígenas (7%). La población indígena está representada en su mayoría por Kichwas de la Sierra. (censo 2010)

En lo referente a las categorías de ocupación, según el censo 2010, el 71% de la PEA declara que es agricultor, 6% comerciante, 3% empleado público y el 20% corresponde a otros (libre ejercicio y no especificado).

En cuanto a la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI), el promedio es del 92%; es decir, que sus viviendas tienen características físicas y servicios inadecuados, con un estado de hacinamiento crítico (3 o más personas por dormitorio), los hogares tienen una dependencia económica del jefe/a de familia que ha aprobado, como máximo dos años de educación básica. La pobreza crítica por NBI es del 35%; así mismo, el analfabetismo es de los más altos del país con el 8,5%.

Consecuentemente, en correlación con estos indicadores, la ocupación de esta zona, ha ocurrido, en muchos casos, en forma espontánea y desordenada, provocando erosión de suelos, contaminación de aguas, arrastre de sedimentos y colmatación de los lechos de los ríos, pérdida de recursos genéticos, avance de la frontera agrícola con la consiguiente deforestación, entre otras afectaciones.

Es evidente que el principal problema que enfrenta esta zona es el avance de la frontera agrícola, conflicto cuyo desarrollo provoca el deterioro fijo y sostenido de la capa de suelo debido a que su biocapacidad (capacidad de regeneración natural) se ve sobrepasada con relación a su explotación, tanto con actividad agrícola (caña de azúcar, cacao, naranjilla, yuca y papa china) cuanto con técnicas de pastoreo que ponen al descubierto los suelos y hace que los agentes erosivos actúen con mayor facilidad, degradando la capa arable que no permite su pronta recuperación.

Debido a restricciones naturales de tipo edafológicas y climáticas, es importante generar un modelo de desarrollo rural que permita crear y mantener un equilibrio entre las actividades antrópicas y la conservación del medio natural.

4. DINÁMICA DEL TERRITORIO RURAL DE LA PARROQUIA FÁTIMA

La parroquia de Fátima está localizada a 6 km aproximadamente de la ciudad del Puyo capital de la provincia de Pastaza, esta cercanía ha provocado una dependencia en lo referente a las cadenas de comercialización de los productos, dotación de bienes y servicios.

Las buenas condiciones que presenta la vía principal que une a estas dos poblaciones sin duda alguna ha favorecido su conexión, siendo la ciudad del Puyo la receptora de un

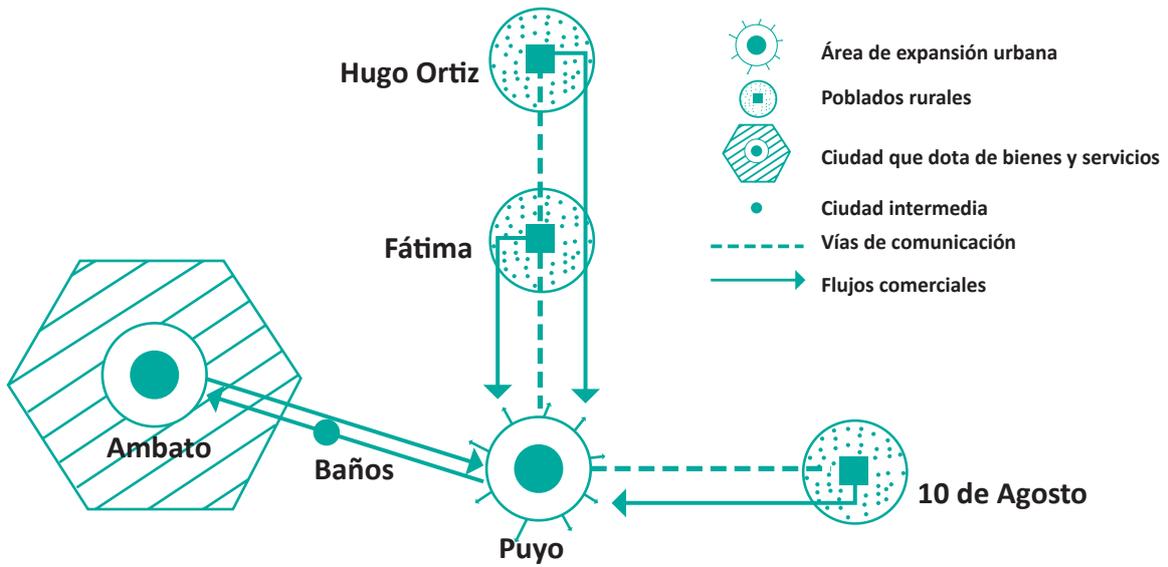


Figura 4. Esquema de la dinámica territorial de la parroquia rural de Fátima

DINÁMICA DEL TERRITORIO RURAL DE FÁTIMA

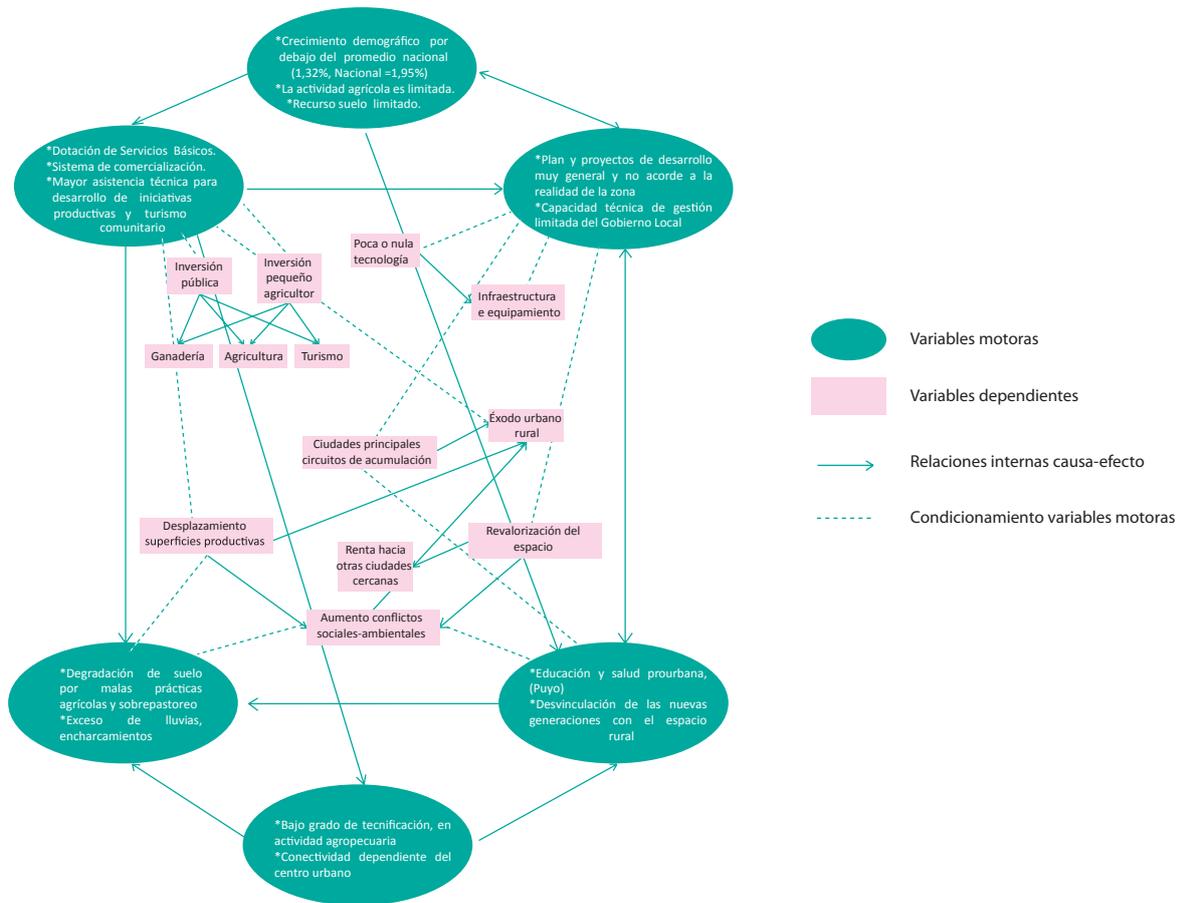


Figura 5. Esquema de variables que influyen en la dinámica productiva de Fátima

importante número de pobladores de Fátima en busca de empleo, servicios de educación y salud principalmente. (Figura 4)

De igual manera esta cercanía ha permitido que se establezca una buena relación entre los organismos de gestión territorial, en este caso entre el Gobierno Municipal del Puyo y el Gobierno Parroquial, potenciando en buena medida la organización social y el emprendimiento de proyectos y programas de desarrollo rural.

La poca tecnificación en las labores agrícolas ha limitado la producción, a esto se debe sumar las restricciones de tipo natural que presenta la zona dando como resultado una constante degradación de los suelos y bajos recursos económicos para la población que tiene como fuente de ingresos principal las actividades primarias.

La figura 5, esquematiza las variables que permitirán entender la dinámica del territorio de la parroquia, a medida que se conozca más acerca del mismo, se podrán incluir o eliminar variables y/o modificar sus relaciones internas.

Como resultado de este análisis de la dinámica territorial productiva de la parroquia Fátima, se puede extraer los problemas claves y las estrategias que permitan poner en marcha la visión de la comunidad de su espacio geográfico.

5. CONCLUSIONES

La población que ocupa el territorio rural de la Parroquia Fátima basa su economía en la agricultura y ganadería, como consecuencia de esta actividad se evidencia un deterioro y reducción en la capa arable del suelo y por lo tanto un avance en la frontera agrícola.

El ecosistema donde se localiza esta población es muy sensible, el avance de la frontera agrícola genera un impacto ambiental que modifica este entorno natural y provoca una pérdida de biodiversidad.

Para mejorar la economía familiar y en procura de la conservación del medio, se propone trabajar con agricultura sustentable, por medio de estrategias que promuevan el “Buen Vivir” de la población y se respete los derechos de la naturaleza contenidos en la Constitución.

Para impulsar un desarrollo rural es imprescindible trabajar directamente con la comunidad para saber sus necesidades y que significa para ellos realmente el “Buen Vivir”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno Autónomo de la Parroquia Fátima. (2014). Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Fátima. Fátima: Sin edición.

Gobierno Autónomo del Cantón Pastaza. (2005). GAD Pastaza. Recuperado el 7 de Noviembre de 2013, de GAD Pastaza: http://www.pastaza.gob.ec/leytransparencia/k/plan_ordenamiento_territorial_pas_taza_2012.pdf

Jobbagy, E., Lathera, P., Ligier, D., Paruelo, J., Román, M., Taboada, M., y otros. (2014). Bases para el Ordenamiento del Territorio Rural Argentino. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Buenos Aires.

SENPLADES. (2010). Lineamientos para la planificación del desarrollo y ordenamiento territorial. Quito: Soluciones Gráficas D&G.

SENPLADES. (1 de Enero de 2013). Buen Vivir. Recuperado el 17 de Octubre de 2015, de Buen Vivir: <http://www.buenvivir.gob.ec/>

SENPLADES. (4 de Junio de 2014). Noticias

SENPLADES. Recuperado el 16 de Agosto de 2014, de Noticias SENPLADES: <http://www.planificacion.gob.ec/senplades-define-hoja-de-ruta-para-actualizacion-de-planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial/>

Silli, M. (2007). El desarrollo rural y agropecuario en Argentina. Buenos Aires: Elsa Anderman y Roberto Bustos Cara.

Silli, M. (2010). ¿Cómo revertir la crisis y la fragmentación en los territorios rurales Argentinos? Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

ATLAS ELECTRÓNICO GEOGRÁFICO AMBIENTAL DEL ECUADOR, BILINGÜE ESPAÑOL - KICHWA

Dávila, Álvaro; Fierro, Diana
Gestión Geográfica, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito - Ecuador
alvaro.davila@mail.igm.gob.ec;
diana.fierro@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

Por medio de un atlas electrónico se puede integrar de manera sencilla datos geográficos, documentos, imágenes y estadísticas, a manera de un efectivo Sistema de Información Geográfica, brindando facilidades de manejo y consulta al usuario final.

Bajo esta óptica, el Atlas Electrónico Geográfico Ambiental del Ecuador, permite organizar y retroalimentar constantemente una gran cantidad de información, en este caso en idioma español y kichwa, de texto e información espacializada del medio ambiente en el Ecuador. Tiene el fin de fortalecer y agilizar los mecanismos de comunicación y difusión de los temas geográfico ambientales, propiciando que más actores sociales conozcan los resultados y aplicaciones de la información generada, mejorando la calidad de vida del entorno y apoyando de esta forma al desarrollo sostenible y al buen vivir.

Este Atlas, se encuentra dividido en cuatro capítulos: Geografía del ambiente natural, Geografía del ambiente de los recursos, Geografía del ambiente de la sociedad y Problemas Globales. La información primaria fue proporcionada por entidades oficiales como son: Ministerio del Ambiente (MAE), Secretaría del Agua (SENAGUA),

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, Ministerio de Turismo y Ministerio de Educación.

ABSTRACT

An electronic atlas can be easily integrated with geographic data, documents, images and statistics, creating a useful Geographic Information System, which is user friendly and provide queries capabilities to end users.

The Electronic Environmental Geographic Atlas of Ecuador organizes and provides constant feedback from massive information in both Spanish and Kichwa language, using text and spatial information from the environment in Ecuador. It is intended to strengthen and expedite communication mechanisms and distribution of environmental geographic issues, leading to more social actors know the results and applications of information generated, improving the quality of life and thus supporting sustainable development and "El Buen Vivir".

This Atlas is divided into four chapters: the natural environment geography, geography of environment resources, geography of society environment and Global Issues. Primary information was provided by official institutions such as: Ministerio del Ambiente (MAE), Secretaría del Agua (SENAGUA), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, Ministerio de Turismo and Ministerio de Educación.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran diversidad de pueblos indígenas del Ecuador en su mayoría hablantes del kichwa y que en el Artículo 2

de la Constitución de 2008, se establece que: “El castellano es el idioma oficial del Ecuador; el castellano, el kichwa y el shuar son idiomas oficiales de relación intercultural. Los demás idiomas ancestrales son de uso oficial para los pueblos indígenas en las zonas donde habitan y en los términos que fija la ley. El Estado respetará y estimulará su conservación y uso”, se realizó este proyecto en los idiomas Español y Kichwa, dentro del que se contó con la cooperación de la Subsecretaría de Educación Intercultural Bilingüe del Ministerio de Educación.

Primeramente, es necesario plantear que la ejecución de este Atlas, se enmarca en una de las tareas encomendadas, por el Estado, al Instituto Geográfico Militar que es la investigación, publicación y difusión de las ciencias geográficas, a todos los niveles de la comunidad, mediante documentos de divulgación tomados a través de varios ejes de información, pero siempre, prevaleciendo la diferenciación espacial (mapas) sobre la base de los diferentes aspectos temáticos.

Por otro lado, se entiende que la relación entre ambiente y geografía se establece con más fuerza al momento en que la geografía debe reformular sus objetivos y contenidos de investigación hacia temáticas actuales como son riesgos, vulnerabilidad y biodiversidad con base en las Áreas Protegidas, Sistemas Ecológicos, Clima, Recursos Naturales (agua, suelo, forestal, bellezas escénicas, energía, petróleo y minería), Población, Industrias, Saneamiento, Salud, etc. Actualmente, en materia ambiental, no basta con el estudio detallado de los elementos que configuran el espacio geográfico, sino que se hace necesario comprender también las interrelaciones que surgen entre ellos; de ahí, la importancia del enfoque geográfico del medio ambiente que se plasma en el Atlas.

Consecuentemente, esta relación geografía - ambiente cobra una relevancia especial en el contexto actual en el que aparecen muchos

estudios ambientales interesados en el análisis del espacio: ciencia sustentable, ciencia del cambio de la Tierra, ciencia del sistema de la Tierra, sociología ambiental, etc.

Es por demás conocido que el país se inserta como parte de los territorios más megadiversos del mundo, donde las acciones hacia el ambiente constituyen un problema latente y los impactos son cada vez mayores debido principalmente a factores ligados al crecimiento poblacional. Ecuador también se encuentra entre los países con más alto riesgo natural por su ubicación geográfica pues está asentado sobre las fallas del Cinturón de Fuego del Pacífico, sobre la línea de volcanes de Los Andes, e influenciado por los fenómenos naturales del Niño y la Niña. Las amenazas comunes son: deslizamientos, inundaciones, sequías; y en menor frecuencia, terremotos, sismos y tsunamis, aunque éstos últimos son mucho más destructivos que los primeros. Cabe destacar que las entidades encargadas de gestionar esta información son: La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Secretaría del Agua (SENAGUA), Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, entre otras; y, principalmente el Ministerio del Ambiente con el que el IGM firmó un convenio de participación técnica.

2. ¿POR QUÉ UN ATLAS GEOGRÁFICO AMBIENTAL?

En los últimos años ha existido un incremento en el volumen de estos datos ambientales espacializados, sobre todo en formato digital. Por lo que se deriva la clara necesidad de contar con bancos de información fácilmente manipulables a través de un aplicativo de fácil acceso, elaborado con ayuda de los amplios avances tecnológicos como el software de mapeo temático. Por esto, el objetivo es publicar un atlas electrónico como documento de divulgación, mediante la conformación de una base de datos gráfica y alfanumérica del ambiente ecuatoriano a nivel parroquial,

cantonal y provincial con información proveniente de escalas 1:250 000 y 1:1'000 000, para ampliar la percepción espacial y tener una visión ambiental del país en cuanto a la vulnerabilidad, preservación, manejo, uso, y aprovechamiento racional de los recursos, para lograr un desarrollo sustentable en términos de protección, regeneración, disminución del impacto ambiental, mejoramiento de la calidad de vida y combate al deterioro ambiental.

En cuanto a la estructuración temática, se entiende que el Ambiente es un todo que engloba a elementos abióticos y bióticos, que conforman la biosfera y las interrelaciones que se producen entre ellos. Este criterio, que es concordante con lo que manifiesta la Constitución de la República en el Capítulo Segundo: Naturaleza y ambiente, es el que nos ha servido para delimitar la estructura temática del Atlas y enmarcar al estudio en tres campos de análisis: El ambiente natural, el ambiente del ser humano y el ambiente de los recursos naturales renovables y no renovables. Es claro que esta división general del Ambiente es solamente con fines didácticos si se quiere, pero creemos que es útil y adecuada para identificar y conocer los aspectos inherentes a este tema:

Ambiente natural: Se refiere al espacio territorial no intervenido o que habiendo sido intervenido tiene un régimen de protección.

Ambiente de los recursos naturales renovables y no renovables: Son los elementos de la naturaleza que el ser humano puede utilizar en su provecho.

Ambiente del ser humano: Se refiere a las acciones, producto de las actividades humanas que influyen en la calidad de su entorno.

Este atlas está dirigido a estudiantes de los niveles medio y universitario, así como de todos quienes se interesan en la realidad ambiental del país, en particular para los especialistas iniciados en el enfoque geográfico

ambiental relacionados principalmente con la educación.

3. PROCESO

El Atlas Geográfico Ambiental es un sistema integral de información sobre el ambiente natural, ambiente de los recursos naturales, ambiente de la sociedad y problemas globales. Este sistema se realizó empleando cartografía, textos oficiales, gráficos estadísticos y tablas, de acuerdo con el proceso que se indica en el siguiente gráfico.

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS



Para la obtención de gran parte de la información del Atlas, se requirió la colaboración del Ministerio del Ambiente (MAE), mediante la modalidad de un convenio de participación técnica. Así como de entidades públicas como son: Secretaría del Agua (SENAGUA), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, y Ministerio de Turismo.

Posterior a validar y analizar la consistencia de la información recolectada, se procedió a elaborar los mapas mediante un software de mapeo temático. Estos se encuentran integrados en los Sistemas de Información Geográfica como es: ArcGIS

Junto a cada mapa se procedió a realizar un texto explicativo, el cual consiste básicamente en un análisis y desarrollo de los contenidos de cada mapa.

Para realizar este Atlas electrónico se utilizó el software libre denominado Geopublisher, una herramienta práctica y accesible, desarrollada utilizando el lenguaje de programación Java, que permite crear atlas multimedia digitales. Estos atlas resultan ser un mínimo pero efectivo SIG preconfigurado, y orientado al usuario final.

Las características únicas de Geopublisher lo hacen especialmente indicado para ser usado en los campos de la investigación a nivel internacional, SIG colaborativo, y capacitación.

Los logros esenciales de este atlas electrónico son las abundantes series (gráficos, mapas y tablas) representativas de la realidad geográfica ambiental ecuatoriana. Tales series son legibles gracias a los múltiples enfoques y claves de lectura propuestos en los textos explicativos, que acompañan a cada tema y que sin lugar a dudas, será de

utilidad para estudiantes de los niveles medio y universitario, así como de todos quienes se interesan en la realidad ambiental del país, en particular para las personas iniciadas en el enfoque geográfico.

El Atlas Electrónico Geográfico Ambiental del Ecuador consta de 165 mapas cada uno con su correspondiente texto explicativo, 54 tablas, 82 gráficos; y, 17 documentos con formato .pdf.

4. CONCLUSIONES

El Atlas Electrónico Geográfico Ambiental del Ecuador integra los idiomas Español y Kichwa la abundante información ambiental en mapas, textos explicativos, gráficos y tablas, impartiendo el conocimiento de una manera didáctica y de fácil acceso. Este atlas va dirigido a las personas interesadas en la realidad ambiental del país, educadores de geografía y ambiente, y estudiantes de nivel medio y universitario.

El Atlas Electrónico Geográfico Ambiental constituye una herramienta útil para la rápida retroalimentación de la información ambiental del país, esto debido a que este atlas se encuentra en formato digital. Siendo el aumento, correcciones y actualización de dicha información más sencilla, requiriendo menos tiempo y recursos.

En un país que muestra condiciones particulares en su medio ambiente, sus variados ecosistemas y su magnífica biodiversidad, un atlas geográfico ambiental tiene una gran importancia, pues ayuda a la concientización de la responsabilidad que tenemos de proteger estos abundantes recursos.

SCRIPTCASE: UN GENERADOR DE DESARROLLO RÁPIDO DE APLICACIONES WEB

Cevallos, Henry
Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador
henry.cevallos@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

Este artículo describe el diseño e implementación de la herramienta SCRIPTCASE la cual genera un sistema de información Web en lenguaje de programación PHP, utilizando bases de datos relacionales. A partir del modelo de datos del sistema, SCRIPTCASE genera la funcionalidad para realizar las operaciones CRUD (acrónimo de Crear, Leer, Actualizar y Borrar del original en inglés: Create, Read, Update and Delete), incluyendo además otras funcionalidades adicionales como búsqueda de información, navegación de registros, exportación de datos en diferentes formatos.

La potencialidad presentada por la herramienta permite crear Soluciones Informáticas completas, ya que facilita la creación de Formularios, Reportes, Gráficos, autenticación de usuarios, Menús dinámicos, calendarios, dashboards, etc. brindando a los Desarrolladores de Software una herramienta muy poderosa, fácil de usar y que genera un esqueleto funcional muy íntegro del Sistema de información en un corto tiempo.

Así se hace factible realizar prototipos rápidos, ayudando de esta manera a tener una mejor interacción con el cliente y alcanzando en muy poco tiempo el disponer de un Sistema

completamente funcional acorde a las necesidades del Cliente.

Palabras clave: *DRA. Desarrollo Rápido de Aplicaciones, Metodología, Análisis y Diseño, Desarrollo de Software.*

ABSTRACT

This article describes the design and implementation of SCRIPTCASE tool which generates a Web information system programming language PHP using relational databases. From the data model system generates Scriptcase functionality to perform CRUD (acronym for Create, Read, Update and Delete the original English: Create, Read, Update and Delete), also including additional features such as search information, navigation logs, export data in different formats.

The potential presented by the tool creates Complete Computer Solutions, as it facilitates the creation of forms, reports, graphics, user authentication, dynamic menus, calendars, dashboards, etc. providing Software Developers a powerful, easy to use and generates a full functional backbone information system in a short time.

So it becomes feasible rapid prototyping, thus helping to have better customer interaction and reaching in a very short time to have a fully functional system according to customer needs.

Keywords: *DRA, Rapid Application Development, Methodology, Analysis and Design, Software Development.*

1. INTRODUCCIÓN

Visión del desarrollo de Software.

- “El proceso de desarrollo de sistemas es aún un proceso altamente artesanal, es decir que la calidad del producto final

va a depender fuertemente de las capacidades del equipo de desarrollo, la construcción de software es un proceso laborioso, exigente y altamente calificado.

- El diseño y programación de sistemas es tan complejo y está sujeto a tantos errores, que es subestimado por la mayoría. Los clientes y usuarios del software generalmente no tienen idea del tamaño o la complejidad del mismo, tampoco saben cómo el Software va a ser diseñado, construido o inclusive cómo va a funcionar.
- El desarrollo ocurre dentro de un ambiente con incidencia de usuarios, exigencias del cliente, leyes, políticas internas, presupuestos, dependencias organizacionales y requisitos que cambian frecuentemente.
- En la actualidad se requiere de aplicaciones que trabajen en la web y que además estos sistemas requieran ser flexibles y mantenibles al igual que los procesos que ellos automatizan.
- Usualmente las empresas cliente necesitan que los sistemas sean implantados rápidamente, y en la mayoría de los casos no entienden por qué el proceso de desarrollar estos sistemas se vuelve tan complejo, costoso y lento. "(Meza & Ochoa, 2013, p.2)

Por otro lado se encuentra la visión de las personas de tecnología, quienes están encargados del desarrollo e implantación de estos sistemas. Ellos usualmente están restringidos por varios aspectos tecnológicos y no tecnológicos como por ejemplo:

- Políticas gubernamentales para el uso de Software libre en instituciones Públicas.
- El alto costo de licencias del software comercial.
- La tecnología para el desarrollo de sistemas Web y las herramientas disponibles para hacerlo son altamente cambiantes

tanto en software comercial y no comercial.

- Usualmente existen restricciones sobre la funcionalidad del sistema, y el ambiente de ejecución.
- Existen restricciones en tiempo y dinero para ejecutar los proyectos.
- Falta de estándares y mejores prácticas de la empresa y del mercado.
- Los sistemas deben ser flexibles y mantenibles, ya que se espera que sean usados por un largo período de tiempo, y por lo tanto, lo más probable es que sean modificados muchas veces durante su tiempo de vida útil.

"Últimamente se ha creado un fenómeno en el que los sistemas se tratan de realizar con inversiones y tiempos demasiado acotados para la realidad del proyecto. Por lo tanto, lo que se sacrifica en la mayoría de casos, es una buena definición de los requerimientos del sistema, pieza fundamental para construir la funcionalidad requerida del sistema final y/o asegurar un nivel mínimo de calidad del producto final ". (Glass,2002,p.133)

"Durante mucho tiempo se ha buscado la manera de reducir el tiempo empleado en la producción de sistemas, y se han tratado de implementar distintas soluciones al problema. Una de las soluciones más exitosas y masificadas en el tiempo se dio en el apogeo de las aplicaciones cliente-servidor, en la década del '90". (Microsoft,2001,2)

La evolución de los lenguajes y herramientas de construcción de Software han facilitado las tareas de desarrollo tanto para el modelado de software, modelo de Datos y generación de código.

Las herramientas CASE (computer aided software engineering, ingeniería asistida por computadora) apoyan muchísimo al desarrollador si conoce como aprovechar la potencialidad que brinda este tipo de software, ahorrando líneas de código en el

lenguaje de programación ya que se puede fijar reglas en el modelado de datos que serán controlados por el Gestor de Base de Datos y no será necesario programar en las interfaces o formularios de la aplicación como es el caso de valores por default, validación de campos, máscara para el ingreso de datos, control de mayúsculas, minúsculas, etiquetas y si las habilidades del programador son más avanzadas podría construir procedimientos almacenados, funciones y triggers de Base de datos que complementen más el desarrollo y disminuyan aún más la escritura de código, esto solo aprovechando las herramientas CASE.

Los lenguajes y herramientas de desarrollo destinados a crear cierto tipo de aplicaciones específicas, como sistemas orientados al manejo de los datos, han evolucionado y madurado hasta el punto de tener capacidad de generación de código. La interacción se la hace a través de asistentes facilitando las tareas repetitivas, evitando los errores de programación de sintaxis o de lógica, asegurando la estructura estándar y consistente de un programa, este tipo de tareas demanda una gran cantidad de tiempo al programador. Un ejemplo de este tipo de herramientas son: Clarion, Visual Basic, Access, Oracle Forms, Open Xava, Scriptcase, PHP Generator, ProcessMaker, etc.

Los generadores de código y los asistentes facilitan el trabajo y reducen el esfuerzo de desarrollo, permitiendo a los desarrolladores centrarse en las reglas de negocio y en crear una mejor solución acorde a los procesos y requerimientos del cliente, puesto que para elaborar las aplicaciones no se requiere de un conocimiento profundo del lenguaje de programación y sus estructuras más que solo un control de los asistentes y familiarizarse con el estilo de generación de módulos del Software.

Con este tipo de herramientas facilita la construcción de aplicaciones pequeñas, prototipos, simplificando el trabajo de la toma de requerimientos y evolucionando las aplicaciones a Sistemas Completos y muy funcionales.

2.PROBLEMA A RESOLVER

La tendencia a acortar el tiempo e inversión en la construcción de sistemas provoca muchos problemas que se reflejan en la calidad del producto de software determinados por:

- Demasiado tiempo para el desarrollo de Sistemas.
- Proyectos que no llegan a terminarse.
- Proyectos que no satisfacen los requerimientos.
- Errores causados por fallas en la toma de requerimientos.
- Demasiado tiempo para poder evaluar las aplicaciones.
- Un mal diseño de la arquitectura de sistemas considerando la flexibilidad, seguridad, mantenibilidad.
- Escritura de código aplicando los lenguajes de programación.
- La falta de interacción, comunicación con el cliente.

“Los métodos ágiles son un esfuerzo por ayudar a reducir el riesgo de construir el sistema equivocado, ya que promueve una fuerte participación del cliente y la asimilación de los cambios al sistema por medio de la utilización de pequeñas iteraciones”.(Hemrajani,2006,p.1)

Todos estos problemas están presentes en el desarrollo de sistemas de información tanto Cliente/servidor como Web. La tecnología ha permitido crear nuevos frameworks con mayores capacidades de las herramientas de desarrollo y lenguajes de programación.

Scriptcase es una herramienta de desarrollo rápido de aplicaciones que pretende resolver los siguientes problemas:

- 1) Reducir el tiempo de desarrollo
- 2) Facilitar y acelerar la definición de requerimientos y funcionalidad del sistema en base al uso de prototipos rápidos.
- 3) Ayudar a crear una arquitectura de sistemas para que sea escalable, extensible y mantenible.
- 4) Brindar una herramienta tecnológica que le permitan al desarrollador con un solo frameworks implementar todos los módulos necesarios de un Sistema Informático. (formularios, reportes, exportación de Datos, Gráficos, menús, etc).

3.SOLUCIÓN PROPUESTA

Scriptcase es un generador de aplicaciones Web PHP que:

- Desarrolla Sistemas completos de manera rápida e innovadora: por la gama de Productos implementados en el frameworks.
- Reduce el tiempo de desarrollo en 80%: la funcionalidad implementada en los productos desarrollados es casi completa.
- Construye informes de Gestión personalizados con resúmenes y gráficos: funcionalidad completa para reportes con exportación de datos y generación de plantillas en diferentes estilos (PDF, XLS, CVS, ACCESS) sin necesidad de programar en código.
- Generador de Sistemas multidioma: posee la facilidad de incorporar diccionario de datos en las aplicaciones personalizando etiquetas y mensajes para los usuarios en muchos idiomas.
- Facilidad de comunicación con Bases de datos relacionales: Oracle, Informix, MySQL, SQLServer, Sybase, SQLite, PostgreSQL, etc.

- Evita los errores comunes de programación: la herramienta añade macros preestablecidas para reducir aún más la escritura de código.
- Permite tener ciclos de desarrollo más cortos: de esta manera Scriptcase ayuda a mantener una mejor interacción y trabajo conjunto con el cliente evaluando los módulos creados.

Al poder crear aplicaciones Web muy rápidamente y al poder interactuar con el usuario con una aplicación funcional, el prototipo evolutivo se convierte en un puente de comunicación entre el usuario y desarrollador, ayudando de esta manera a definir los requerimientos más clara y rápidamente. Esto ayuda además a reducir el tiempo de construcción del producto de software, ya que se parte con necesidades claras de usuario y una aplicación con una arquitectura escalable y mantenible, que puede ser evolucionada fácilmente y llegar a tener en poco tiempo a un Sistema Informático completo acorde a los requerimientos. Lo cual, visto de manera general, también ayuda a reducir los costos.

3.1 PROCESO DE DESARROLLO RECOMENDADO

Scriptcase puede ser usado en conjunto con cualquier metodología de desarrollo de Software con sus debidas limitaciones y ajustes. Así es el caso que se lo podría aplicar Cascada pero a alta velocidad, lo recomendable seria utilizar una metodología Ágil (Scrum, Extreme Programming XP, Dynamic Systems Development Method DSDM)ya que la herramienta responde a los doce principios de este tipo de metodología. Los principios son:

- i. "Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.

- ii. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
- iii. Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al período de tiempo más corto posible.
- iv. Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
- v. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
- vi. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
- vii. El software funcionando es la medida principal de progreso.
- viii. Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.

- ix. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
- x. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
- xi. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos auto-organizados.
- xii. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia. " (Canós,2003, p.2)

3.2 Generador

El software se encarga de generar todos los archivos necesarios en código PHP basado en plantillas, dando toda la funcionalidad requerida para tener una aplicación a la Web, la herramienta tiene capacidad de regeneración de código de la aplicación. (Ver figura 1).

El desarrollo empieza con un análisis y diseño del dominio y de la solución dado por los procesos hacer automatizados, para posteriormente crear un modelo de datos

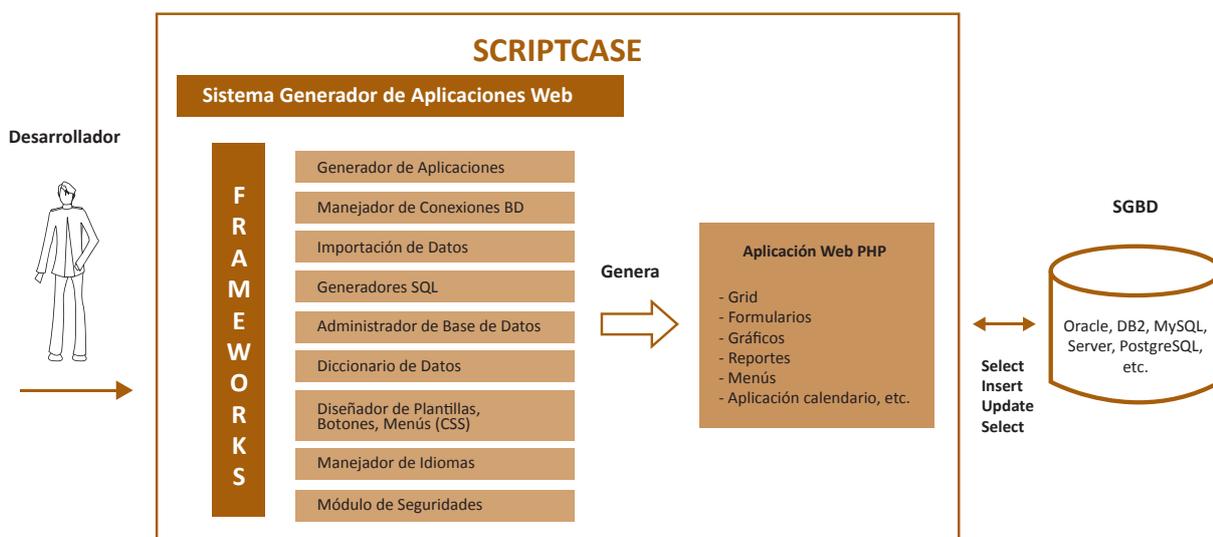


Figura 1. Componentes del Framework Scriptcase
Fuente. Henry Cevallos

en base al dominio de aplicación y crear el esquema de base de datos. El generador se ejecutará contra este esquema de datos para obtener la aplicación funcional. El desarrollador personalizará las aplicaciones generadas para mejorar la presentación funcional (tipos de datos, formatos, mensajes, colores, etc).

Una vez finalizados estos cambios se revisa la aplicación con el cliente y se reinicia el ciclo de análisis y diseño de las modificaciones (o aumentos) a la aplicación. Se altera el modelo de datos y se ejecuta el generador el cual no dañará la programación ya realizada en el sistema, sino que se generará la aplicación y sus cambios, en base al nuevo modelo de datos.

Esto formará un ciclo de iteraciones y evolución de la aplicación que ayudará al desarrollador a cumplir sus objetivos de aclarar y satisfacer las necesidades del cliente de una manera rápida, al poder presentar elementos funcionales que dan al cliente una visión mucho más clara de lo que desea y lo que obtendrá. (Ver figura 2).

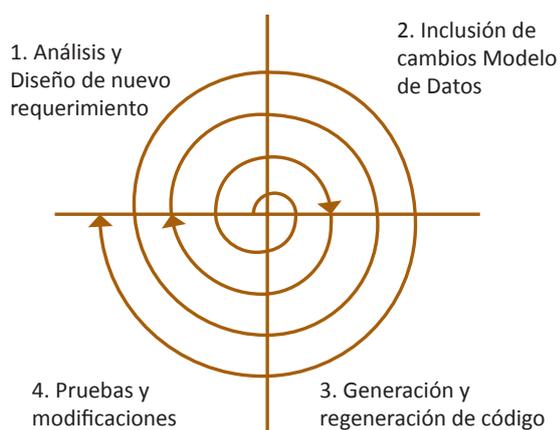


Figura 2. Modelo iterativo de desarrollo con generación de código
Fuente: Bohem Barry, 1988. Modificado por: Henry Cevallos

El proceso descrito se asimila al modelo espiral creado por Barry W. Bohem en 1988, que basa sus características en sucesivas iteraciones (ciclos) que contienen una serie

de pasos, los cuales permiten la evolución del producto deseado. (Bohem,1988, p.7)

4.CONCLUSIONES

Una metodología de Desarrollo Rápido de Aplicaciones sugiere el uso de herramienta de generación de código.

Para el desarrollo de Software utilizando herramientas CASE es recomendable que las Instituciones dispongan procesos maduros.

Se sugiere al Usuario que si trabaja con este tipo de herramientas realice un análisis costo beneficio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hemrajani Anil, Agile Java Development with Spring, Hibernate and Eclipse. USA, Sams, 2006.

Bohem Barry, A Spiral Model of Software Development and Enhancement, 1988
<http://csse.usc.edu/csse/TECHRPTS/1988/usccse88-500/usccse88-500.pdf> 27-Feb-2015 17:23

Canós J, Letelier P. & Penadés M. Metodologías en el Desarrollo de software.
http://noqualityinside.com/nqi/nqifiles/XP_Agil.pdf 02-Feb-2015 08:50

Glass Robert L., Facts and Fallacies of Software Engineering. USA, Addison-Wesley, 2002.

Meza D.& Ochoa S. Codev: Un Generador de aplicaciones Web multicapa,
http://www.alturasoluciones.com/docs/Articulo_Anales_del_Instituto_de_Ingenieros-CodeEv-David_Meza-Ochoa.pdf 26-Feb-2015 10:34

Microsoft. Microsoft Hails 10 Years of Publisher, 2001,
<http://www.microsoft.com/presspass/press/2001/oct01/10-15TenYearsPublisherPR.msp>,27-Feb-2015 17:00

EL PROCESO DE DESARROLLO RÁPIDO DE APLICACIONES (DRA) DE SOFTWARE: UN APOORTE PRÁCTICO EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

*Campana, Robinson
Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito – Ecuador
robinson.campana@mail.igm.gob.ec,
rc.campana1967@gmail.com*

RESUMEN

El presente documento detalla un caso práctico de DRA, llevado a cabo por la gestión de Investigación y Desarrollo del Instituto Geográfico Militar. La literatura sobre el desarrollo rápido de aplicaciones sugiere la necesidad de diseñar y desarrollar sistemas informáticos en períodos muy cortos de tiempo (treinta - sesenta días). Para hacer esto posible, se necesita comprimir al máximo el ciclo de vida tradicional del desarrollo de software, proponiendo entregas del producto de manera iterativa e incremental. Para ello se propone que el diseño de la aplicación sea modular y para su construcción se utilice herramientas que apoyan la ingeniería asistida por computadora (CASE) de última generación. Los resultados obtenidos muestran que el tiempo de desarrollo de una aplicación informática, utilizando la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones, puede ser reducido hasta en un treinta por ciento del tiempo que demandaría un desarrollo normal, conservando o incluso mejorando la calidad del mismo.

Palabras clave: *Ciclo de vida del software, procesos de desarrollo de software, DRA.*

ABSTRACT

This paper details a case of RAD, conducted by the management of Research and Development of the Military Geographical Institute. The literature on rapid application development suggests the need to design and produce computer systems in very short periods of time (thirty to sixty days). To make this possible, you need to compress the most of the traditional life cycle of software development, product deliveries proposing iteratively and incrementally. For this it is proposed that the application design is modular and to build tools that support computer-aided engineering (CASE) technology is used. The results show that the time of development of a computer application using the methodology of rapid application development can be lowered by up to fifty percent of the time it would require a normal development, maintaining or even improving quality.

Keywords: *software life cycle, software development processes, RAD.*

1. INTRODUCCIÓN

La actualidad del mundo empresarial es la organización y automatización de procesos a través de sistemas informáticos, se estima que las organizaciones destinan cerca del 65% del presupuesto en desarrollar o mantener sistemas de información, muchos de los cuales tienen muy poca o casi ninguna documentación y están desarrollados con lenguajes de programación y sistemas de gestión de base de datos que necesitan personal altamente calificado para dar un correcto mantenimiento. Entonces las organizaciones demandan que el desarrollo de aplicaciones informáticas sea lo más rápido y preciso como sea posible, sin afectar la calidad de las mismas, es decir, hay que construirlo rápido y con calidad.

Una de la formas de conseguir este objetivo es la aplicación de Rapid Application Development (RAD) propuesta hecha por James Martin en 1980, una metodología basada en el desarrollo y refinamiento de modelos de datos, modelos de procesos y la construcción de prototipos, usando para ello procesos iterativos apoyados por herramientas CASE (Ingeniería Asistida por Computadora).

El desarrollo de software está dividido en ciclos, en el primero de ellos, los requerimientos del usuario son analizados, la solución es diseñada, es prototipada y revisada por los usuarios hasta obtener una parte del sistema con la funcionalidad esperada, luego de ello se itera, es decir se vuelve a repetir el ciclo, pero esta vez tomando nuevos requerimientos, diseñando y probando nuevos prototipos, hasta conseguir un conjunto de nuevas funcionalidades. Al concluir el conjunto de ciclos, se obtiene la totalidad de la funcionalidad del sistema.

Una visión panorámica de R.A.D. es la que se observa en la Figura 1, las fases de análisis, diseño, implementación, construcción y pruebas de un ciclo de vida tradicional son comprimidas (CASEMaker, 2001: p. 4,5) a su máxima expresión, de forma que el paso entre fases se lo debe hacer muy rápidamente e iniciar la próxima iteración, para ello, el proyecto debe ser dividido en componentes funcionales de software, que luego pueden ser reutilizados. Dichos componentes y los documentos técnicos ingenieriles (artefactos), exigidos por la metodología en cada etapa, deben ser construidos con herramientas CASE de última generación.

El desarrollo rápido de aplicaciones según Martin (Martin, James, 1991) se basa en 4 aspectos esenciales: La metodología, las personas involucradas, la gestión del proyecto y herramientas CASE (Software de ingeniería asistida por computador) (Portuondo, Fonseca, 2010. p:2).

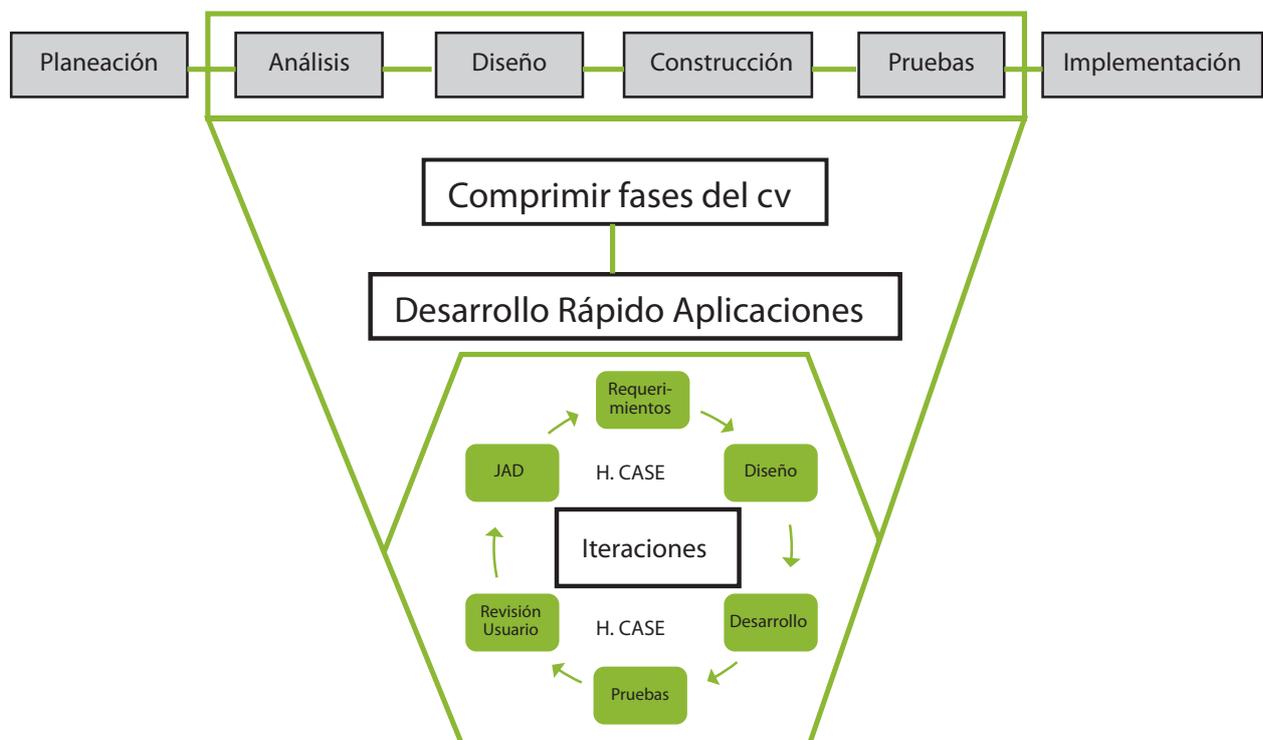


Figura 1. Metodología R.A.D.
Fuente. CASE MAKER Inc. Modificado por: Robinson Campaña

2. METODOLOGÍA

Incluye el uso de técnicas de modelado de procesos y datos, usa evolución de prototipos y que al final se convertirán en el producto final, paralelamente a ello se producen entrevistas cortas de trabajo entre desarrolladores, diseñadores, usuarios (JAD) (Portuondo,Fonseca, 2010. p:2) y se resume las mismas en documentación muy simple, se revisa periódicamente los diseños en busca de aterrizar los requerimientos, se involucra a las herramientas CASE las cuales prestan sus servicios,modelando,prototipando,generando código automático y se reutilizan componentes de software desarrollados anteriormente, que según Pressman (Pressman, 2005) lo define como “paquete dinámico de uno o más programas gestionados como unidad y a los cuales se tiene acceso por medio de interfaces documentadas que se pueden descubrir en la ejecución”, mismos que ya fueron probados y usados en algunos proyectos similares.

2.1 Fases de la metodología DRA.

- Planeación de requerimientos o fase de definición conceptual: Donde se define las funciones del negocio, describe las características del software, las áreas de influencia del software y al alcance del mismo. (CASEMaker, 2001: p. 7).
- Diseño funcional: La modelación de datos y procesos se lleva a cabo a través de talleres construyendo paralelamente prototipos funcionales que se van probando, detallando, perfeccionando con el mismo usuario, siempre ayudados por herramientas CASE. (Portuondo,Fonseca, 2010. p:2).
- Construcción o desarrollo: Aquí se completa el desarrollo del sistema, las iteraciones van arrojando componentes y se realiza pruebas de integración de los mismos de acuerdo a planes de trabajo establecidos. (CASEMaker, 2001: p. 7)
- Implementación: Como se dijo anteriormente el usuario final es el eje de éste

modelo, por lo tanto él mismo prueba el software y proporciona su conformidad. Luego con la herramienta CASE correctamente configurada se implementa el software (Portuondo,Fonseca, 2010. p:2).

2.2 Personas (stakeholders)

Para el éxito del proceso de software en discusión, el talento humano juega un papel muy importante, el desarrollador debe ser capaz de trabajar en varios frentes, aceptar varios roles, ser ingenioso y poseer habilidades para resolver problemas, de esto dependerá el éxito del proyecto. La convicción debe ser “trabaja rápido y resuelve problemas rápido”, para ello debe tener destrezas en análisis, diseño, manejo de herramientas CASE y sobre todo empoderarse del trabajo a realizar.

Los actores en un proyecto de desarrollo rápido de aplicaciones son:

- Sponsor. Es un rol representado por un ejecutivo de alto nivel de la organización y que espera resultados en el menor tiempo posible.
- Equipos de planeación de requerimientos. Es un rol representado por usuarios con experiencia tanto en la parte de procesos de negocio como analistas de información o afines. Es el mismo equipo de trabajo que en el futuro formaran parte del grupo JAD (Join Application Development).
- Equipo de diseñadores. El equipo que realiza el diseño, modelos y demás documentos técnicos de ingeniería.
- Administrador del proyecto. La persona que controla y administra la ejecución del proyecto.
- Equipo de construcción. Según la metodología recomienda de dos a seis personas, quienes deben tener amplia experiencia en el manejo y operación de herramientas CASE. (CASEMaker, 2001: p. 8).

2.3. Gestión

Se enmarca en el control y la administración del proyecto, de esta manera, una buena gestión garantizará el éxito del mismo y se obtendrá una aplicación de software de alta calidad.

2.4 Herramientas

Se ha mencionado que para conseguir desarrollo rápido de alta velocidad y de alta calidad, se requiere la utilización y las bondades que brindan hoy en día las herramientas de ingeniería asistida por computadora (CASE) y un personal altamente entrenado en ellas. El fundamento principal de las herramientas DRA radica en que los diagramas son trabajados de tal forma que ayudan al desarrollador y a las personas directamente ligadas al proyecto, a entender el proceso y al mismo tiempo a clarificar los requerimientos, a realizar mejoras y correcciones y a establecer modelos que registrarán el prototipo con su funcionalidad, los diagramas son usados para representar la planeación de la información sobre los sistemas, modelos de datos, modelos de procesos, detalles de diseño y estructuras de programas. De los modelos definidos a partir de diagramas se construye prototipos representados muchas veces como las típicas interfaces de usuario (GUI), las mismas que generarán código automáticamente.

3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El Instituto Geográfico Militar como toda organización que busca la excelencia institucional no escapa a la necesidad de automatizar sus procesos y demanda para ello desarrollar software en lapsos de tiempo relativamente cortos, un caso concreto es la necesidad de la Gestión Normativa de contar con un software para el registro de autorizaciones para trabajos cartográficos. Como respuesta al pedido realizado, la Gestión de Investigación y Desarrollo, propuso construir el aplicativo en un tiempo no mayor a 60 días, para ello hubo que buscar, configurar y aplicar una metodología que permita el desarrollo rápido de aplicaciones.

Este trabajo describe la forma de aplicar la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones en la construcción de un software específico. Las características del software solicitado fueron:

- Operar en un ambiente web.
- Desarrollado en el menor tiempo posible.
- Diseñado modular.

El flujo de trabajo propuesto por la metodología DRA, se muestra en la figura N. 2, en la que se expone en forma secuencial, las distintas actividades que deben ser llevadas a cabo.

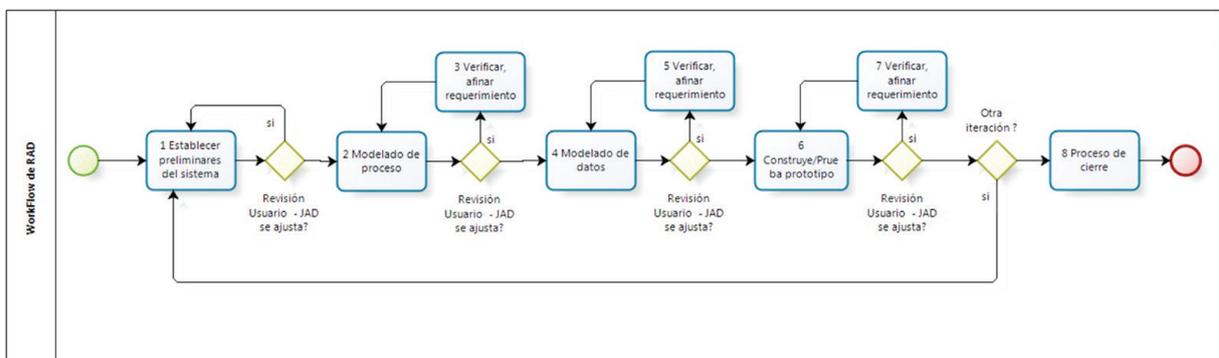


Figura 2. Flujo de trabajo DRA.
Fuente. Robinson Campaña

De acuerdo al diagrama presentado en la Figura 2, el proceso empieza por la definición de aspectos iniciales del proyecto de desarrollo de software, como la descripción del sistema, áreas de influencia del software a desarrollarse, atributos, funciones y alcance del sistema, planeación y especificación de requisitos. Este conjunto de actividades es denominado definición conceptual. Llegado a éste punto, existe la posibilidad de que los requerimientos no estén claros aún, pero es posible revisarlos, ajustarlos y afinarlos con el usuario y con los miembros del JAD. (Portuondo, Fonseca, 2010. p:2).

La Tabla 1 muestra un ejemplo de documentos técnicos de ingeniería, que podrían ser requeridos para el caso particular del sistema solicitado en la fase de definición conceptual. Fase: Definición Conceptual.

De acuerdo al gráfico de la Figura 1, la segunda fase de la metodología exige el modelamiento de procesos, datos y la construcción preliminar de un prototipo. La Tabla 2 muestra un ejemplo de los documentos técnicos de ingeniería que podría arrojar esta parte de la metodología en el diseño del sistema para la Gestión de Normativa del Instituto Geográfico Militar.

La tercera fase de la metodología de desarrollo DRA denominada “desarrollo o construcción”, corresponde la terminación del desarrollo y posterior prueba de cada componente, módulo y de ser necesario se harán sucesivas iteraciones hasta conseguir un producto de software (sistema informático) con toda la funcionalidad requerida. La Tabla 3 muestra algunos documentos técnicos de ingeniería propuestos para la tercera fase de la metodología.

FASE: DEFINICIÓN CONCEPTUAL				
Descripción del artefacto	Descripción detallada	H. Case	Observaciones	Métrica
Descripción del sistema	Registro de autorizaciones para trabajos cartográficos Normativa	No	Se puede utilizar herramientas de ofimática	Firma de aceptación del sponsor del proyecto
Áreas de influencia del software		No		Firma de aceptación del sponsor del proyecto
Atributos del sistema.	-Los procesos especificados deben ser automatizados en detalle a través de una aplicación web -La aplicación web contará con las seguridades necesarias Registrar datos personales, anexos, control de registros, control de publicaciones	No	Se puede utilizar herramientas de ofimática	Firma de aceptación del sponsor y stakeholders del proyecto
Funciones del sistema		No		Firma de aceptación del sponsor y stakeholders del proyecto
Especificación de requerimientos.	Catálogo de requerimientos	Si	REM, HELER, IRQA, OSRMT, REQUISIT PRO	Firma de aceptación del sponsor y stakeholders del proyecto
Alcance del sistema	Registro de autorizaciones para trabajos cartográficos	No	Se puede utilizar herramientas de ofimática	Firma de aceptación del sponsor y stakeholders del proyecto

Tabla 1. Muestra de la documentación técnica requeridos en la primera fase

FASE: DISEÑO FUNCIONAL				
Descripción del artefacto	Descripción detallada	H. Case	Observaciones	Métricas
Modelamiento de procesos	Principales procesos: Proceso Atención al usuario Registro de datos personales Registro de anexos Control de registros Control de publicaciones	Si	Power Designer, Bizzagi, Rational Rose, Magic Draw, JDevelopre, Designer 2000 Oracle	Aceptación del JAD y usuarios
Modelamiento de datos	Principales entidades: Datos personales Datos de anexos Datos de publicaciones	Si	Power Designer, Erwin,	Aceptación del JAD y usuarios
Construcción del prototipo	GUI principales Pantalla datos personales Pantalla subida de anexos Pantalla de publicaciones	Si	Script Case, Open Xava, Process Maker, PhpMaker	Aceptación del JAD y usuarios

Tabla 2. Documentación técnica del diseño funcional.

FASE: DESARROLLO O CONSTRUCCIÓN				
Descripción del artefacto	Descripción detallada	H. Case	Observaciones	Métricas
Plan de pruebas	Pruebas unitarias, pruebas de caja blanca, caja negra, pruebas de integración	Si	TestLink, Junit, JMeter, EID de la misma herramienta case	Aplicar estándares como IEEE 829 referente a la documentación de pruebas de software IEEE1008 pruebas de unidad B5 7925 -2 Estándares para componentes de pruebas de software
Ayuda al usuario	Manual de operación Manual de usuario	Si	Software de ofimática y documentación y diccionario de datos de la misma herramienta case que genero la aplicación	Aceptación de sponsor y usuarios

Tabla 3. Documentos técnicos de ingeniería de la fase de desarrollo o construcción

La última fase denominada etapa de despliegue contiene procesos de cierre del proyecto de desarrollo de software, en la que se incluye documentos que se podrían recomendar en el cierre del desarrollo de software, documento de entrega-aceptación de la aplicación, entrega de

documentación técnica y no técnica, planes de mantenimiento, y planes de implementación. La Tabla 4 propone documentos que podrán ayudar a llevar a cabo con éxito esta última fase.

FASE: DESARROLLO O CONSTRUCCIÓN				
Descripción del artefacto	Descripción detallada	H. Case	Observaciones	Métricas
Plan de pruebas	Pruebas unitarias, pruebas de caja blanca, caja negra, pruebas de integración	Si	TestLink, Junit, JMeter, EID de la misma herramienta case	Aplicar standares como IEEE 829 referente a la documentación de pruebas de software IEEE1008 pruebas de unidad B5 7925 -2 Estándares para componentes de pruebas de software
Ayuda al usuario	Manual de operación Manual de usuario	Si	Software de ofimática y Documentación y diccionario de datos de la misma herramienta case que genero la aplicación	Aceptación de sponsor y usuarios

Tabla 4. Documentación o entregables de la etapa de despliegue

4. RESULTADOS

El software desarrollado para la Gestión de Normativa del Instituto Geográfico Militar fue avalado por los directores de gestión,

ejecutivos, personería jurídica y usuarios finales, aceptando que el software sea implementado e inmediatamente entre en producción. El tiempo de duración del proyecto fue de 60 días laborables (Tabla 5).

SISTEMA INFORMÁTICO	TIEMPO DE DESARROLLO APLICANDO D.R.A. (DÍAS)	TIEMPO DE DESARROLLO DE FORMA TRADICIONAL (DÍAS)
Registro de Autorizaciones para Trabajos Cartográficos	60 Datos proporcionados por el desarrollador	120 Datos proporcionados por otros desarrolladores

Tabla 5. Tiempo de desarrollo empleado usando DRA vs Forma tradicional.

Con la utilización de la metodología DRA se consiguió disminuir el tiempo de desarrollo del software en un 30% menos con relación a lo que demoraría el desarrollo del mismo

software, bajo condiciones similares. Al software desarrollado se aplicaron los estándares de la Tabla 6.

FASE: DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR	
Definición conceptual	Especificación de Requisitos según el estándar de IEEE 830 Estándar IEEE/EIA 12207 para procesos del ciclo de vida del software
Diseño funcional	IEEE Std 1016 - 2009 - IEEE Standard for Information Technology - Systems Design - Software Design Descriptions
Desarrollo	IEEE 829 estándar para la documentación IEEE Standard for Software Unit Testing BS 7915 - 2 British Computer Society Specialist Interest Group in Software Testing. Estándar para componentes de prueba de software
Despliegue	

Tabla 6. Estándares aplicados al software desarrollado.

5. CONCLUSIONES

La metodología DRA permite reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones informáticas, lo que se traduce en optimización de costos y tiempo.

La aplicación de la metodología DRA para el desarrollo de una aplicación de la gestión normativa consiguió disminuir el tiempo de desarrollo del software en un 30% con relación a lo que demoraría el desarrollo del mismo software de forma tradicional, bajo condiciones similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASEMaker Totem ©Copyright 1997-2000 CASEMaker Inc. What is Rapid Application Development? U.S.A. 2001.

García Portuondo, I. & Fonseca Suárez, L. Desarrollo Rápido de Aplicaciones Apoyado en MDA. Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. Cuba. 2010.

Pressman R. Ingeniería del Software un enfoque práctico, México DF, México: Editorial McGraw-Hill, 6th. Edición, ISBN:970-10-5473-3. 2005.

Martin, James. Rapid application development. Macmillan publishing company, 1991.

EL CENTRO CULTURAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR COMO ENTE DE DIFUSIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.

Paredes Andrés, Porras Luis**, Alarcón Jacqueline**, Camacho Adela**, Paez Jacqueline***

**Centro Cultural, Instituto Geográfico Militar.*

***Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar.*

Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito - Ecuador

andres.paredes@mail.igm.gob.ec;

luis.porras@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

La generación del nuevo conocimiento, el progreso tecnológico y la innovación, se han vuelto factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de la sociedad. Ahora bien, no es simplemente la creación de nuevo conocimiento lo que cuenta, sino el flujo de tal conocimiento de los productores (el ámbito científico) a los usuarios (comunidad científica y población en general) y las capacidades de los mismos para absorber y transferir dicho conocimiento. Hoy en día, los conceptos de la transferencia tecnológica (TT) y la transferencia del conocimiento científico (TC) se han vuelto más importantes. La difusión emerge como resultado de un proceso interactivo y colectivo, es por ello que el Centro Cultural del Instituto Geográfico Militar está dedicado a la divulgación de las diversas ciencias geográficas que describen la realidad física y espacial de nuestro entorno. Este Centro a través de su existencia ha procurado brindar un significativo aporte para la difusión de la ciencia y el conocimiento en el Ecuador.

Palabras clave: *conocimiento, transferencia de conocimientos, divulgación científica.*

ABSTRACT

The generation of new knowledge, technological progress and innovation are crucial factors in the growth and development of society. However, it is not only the creation of new knowledge, the flow of such knowledge from the producers (the scientific field) to users (scientific community and the general public) and the capabilities of them to absorb and transfer such knowledge. Today the concepts of technology transfer (TT) and the transfer of scientific knowledge (TC) have become more and more important. The diffusion emerges as a result of an interactive and collective process. That is why the Cultural Center of Military Geographical Institute is a scientific organization dedicated to the dissemination of the various geographical sciences that describe the physical and spatial reality of our environment. The Cultural Center through its existence has sought to provide a significant contribution to the development of science and knowledge in Ecuador.

Keywords: *new knowledge, transference of scientific knowledge, scientific spreading.*

La generación de nuevo conocimiento, el progreso tecnológico y la innovación, se han vuelto factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de la sociedad. Para el avance de la tecnología, la sociedad debe mantenerse informada constantemente sobre dichos progresos y avances, y de manera especial, en el desarrollo de nuevos canales de transmisión de la información.

La ciencia a lo largo del desarrollo de la humanidad ha sido el pilar fundamental a través de comprobaciones teóricas y descubrimientos que han dejado maravillados a cientos de investigadores alrededor del mundo.

Sin embargo, no es simplemente la creación de nuevo conocimiento lo que cuenta, sino el flujo de tal conocimiento de los

productores (el ámbito científico) a los usuarios (comunidad científica y población en general) y las capacidades de los mismos para absorber y transferir dicho conocimiento. En otras palabras, la innovación y la difusión usualmente emergen como resultado de un proceso interactivo y colectivo dentro de una red de conexiones personales e institucionales las cuales evolucionan con el tiempo. Hoy en día, las economías tecnológicamente más avanzadas están verdaderamente basadas en el conocimiento.

Bajo estos argumentos, es de suma importancia analizar los nexos y brechas existentes entre la sociedad en general y el desarrollo de la ciencia, en otras palabras, la divulgación científica.

La divulgación científica es el conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico al público general, es decir, a todas aquellas labores que llevan el conocimiento científico a las personas interesadas en entender o informarse de ese tipo de conocimiento, además, pone su interés no sólo en los descubrimientos científicos del momento (por ejemplo, la radiación cósmica de fondo), sino también en teorías más o menos bien establecidas o aceptadas socialmente (por ejemplo, la teoría de la evolución) o incluso en campos enteros del conocimiento científico (por ejemplo, la historia de la astronomía).

En la actualidad, la divulgación científica se realiza, prácticamente, en cualquiera de los formatos que existen en los diferentes medios de comunicación: documentales de televisión, revistas de divulgación científica, centros culturales, academias, museos, artículos en periódicos de interés general, páginas de Internet dedicadas a esta labor, entre muchos otros. Por el gran interés que ha surgido en muchos de los medios de comunicación por hacer de la ciencia uno de los temas centrales, la divulgación científica también recibe el nombre de periodismo científico.

El Centro Cultural del Instituto Geográfico Militar (ver Figura 1) es un ente dedicado a la divulgación de las diversas ciencias geográficas que describen la realidad física y espacial de nuestro entorno. En efecto, este Centro a través de su existencia ha procurado brindar un significativo aporte al desarrollo de la ciencia y el conocimiento en el Ecuador.

El Centro Cultural dispone de salas de exposiciones (ver Figura 2), panorámicas, de audiovisuales y la del planetario con capacidad para 350 personas. El planetario permite el desarrollo de programas didácticos de astronomía básica, académica y cursos para la actualización de profesores.

El Centro Cultural del IGM tiene como objetivo desarrollar programas de difusión sobre cosmografía, astronomía básica y ciencias afines de acuerdo con los planes de estudio en las escuelas y colegios; para ello se utilizan tanto el proyector CARL ZEISS JENA (ver Figura 3) como un sistema digital a domo completo que permiten visualizar los programas en una superficie de 23 metros.

En septiembre del 2012, el Instituto Geográfico Militar, inauguró un sistema de producción y proyección audiovisual para el planetario con el fin de mantenerse a la vanguardia tecnológica y sobre todo mejorar los servicios ofertados a la comunidad en temas de ciencias de la Tierra y Astronomía.

Dicho sistema permite la presentación de vídeo en 360°, vídeo plano HD 1080; adaptación y manipulación de modelados en 3D; imágenes y fotografía fija; además de audio, mediante el desarrollo de secuencias de comandos basadas en un lenguaje de programación propio de la aplicación.

El sistema permite mostrar los eventos y elementos astronómicos a cualquier hora del día y en cualquier ubicación geográfica



Figura 1. Vista panorámica del Centro Cultural del Instituto Geográfico Militar.



Figura 2. Vista salas de exposiciones del Centro Cultural del Instituto Geográfico Militar.

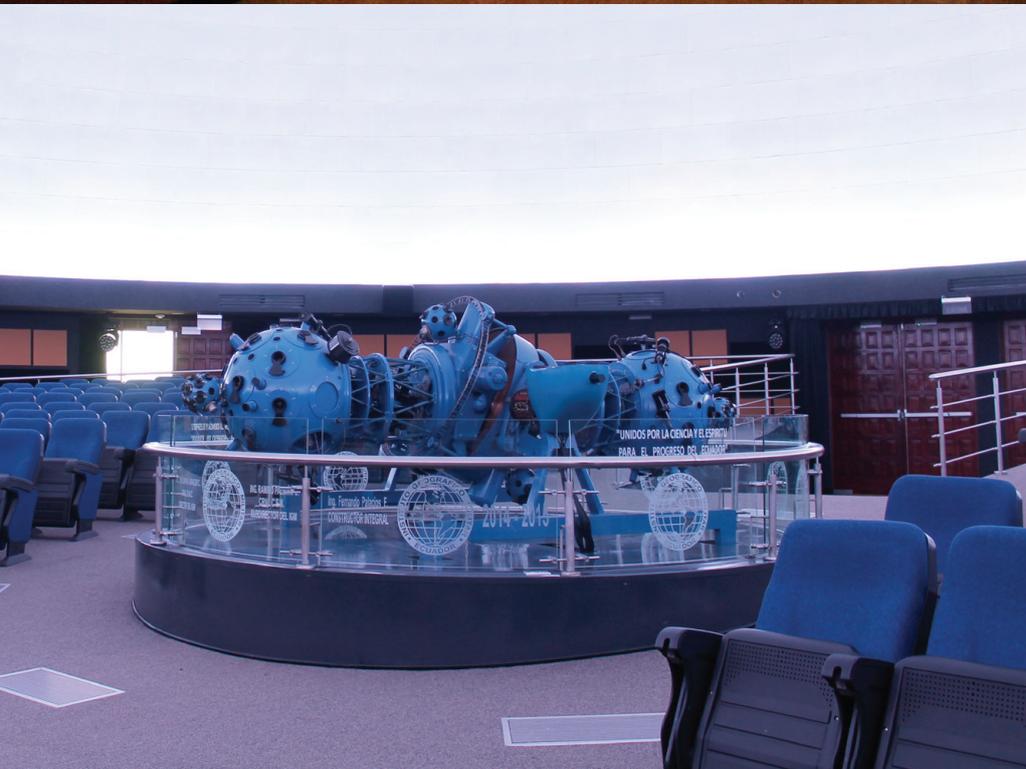


Figura 3. Readección Integral del Planetario.

en la Tierra, desde distintos planetas y estrellas del universo conocido, la ubicación astronómica de nuestro planeta en el Sistema solar y de éste en el Universo, visualización de fotografía satelital Bing como texturas de la superficie terrestre y demás características atmosféricas tales como presencia de diversos gases en la atmósfera, conformación de huracanes, temperaturas, precipitaciones de agua, trayectorias de satélites y naves espaciales, vientos e influencias de la luz solar.

Permite visualizar características terrestres como son texturas reales de la superficie, luces nocturnas, terremotos, movimiento de placas tectónicas, volcanes, presencia de fuego en la superficie, gravedad, magnetismo y topografía.

Finalmente se pueden mostrar elementos pertenecientes al océano, tales como aumento del nivel del mar, corrientes marinas y circulación, migración de animales en el océano, impacto humano, y temperaturas de la superficie del mar.

El Instituto Geográfico Militar, en el proceso de vinculación y transferencia en el área de investigación en colaboración con la academia, IPI's, Instituciones Gubernamentales, a través del Centro Cultural facilita la transferencia de tecnología, conocimientos, resultados técnicos, incrementando la capacidad de aprendizaje en la población respecto a los entornos profesionales.

El Centro Cultural lleva a cabo una transferencia de tipo formal a través de publicaciones de documentos de carácter científico indexadas, y otra no formal, por medio de la divulgación, difusión y transferencia. En esta última los procesos que se determinan son la coordinación de eventos científicos, educativos y culturales, la producción y proyección de programas audiovisuales, las exposiciones, el manejo de material cartográfico y bienes culturales,

publicaciones en revistas de carácter general, entre otros.

La transferencia de tecnología es un "proceso integral de capital intelectual, recursos materiales y acuerdos de valor jurídico, que permite poner a disposición nuevos descubrimientos e innovaciones, para su uso" (Obtenido de la página de la Unidad Politécnica para el desarrollo y la Competitividad Empresarial). Dicha transferencia no es un movimiento tan sencillo, es un proceso complejo que debe realizar el Centro Cultural del IGM, donde diversas actividades son llevadas a cabo, como definir acuerdos que permitan beneficios mutuos para llegar a la divulgación, ya que existen diferencias culturales, en tiempo y objetivos entre ambos actores.

Por otra parte, el Centro Cultural podrá congrega a diversos actores del quehacer científico nacional e internacional mediante la organización y realización de conferencias y simposios de ciencia empleando los recursos existentes, facilitando de esta manera la materialización de la transferencia del conocimiento.

Las actividades de divulgación y transferencia del conocimiento de las ciencias de la tierra y astronómicas apoyadas por el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación, hacen que el espectador aprenda, se entretenga y sobre todo se despierten inquietudes y de esta manera incentivar al público a la investigación, al interés por la ciencia; de modo que las generaciones futuras presenten soluciones a problemáticas ambientales, geográficas y de desarrollo, que nuestro país tanto necesita.

GEOGRAFÍAS SIN FRONTERAS. UNA CUESTIÓN DE MODELOS Y ESCALAS.

Catalina Erazo Bucheli
Gestión de Investigación y Desarrollo, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El Dorado. Quito-Ecuador
catalina.erazo@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

En el presente artículo se pretende reflejar la evidente evolución de las teorías y métodos de la investigación geográfica, matizada por sus corrientes epistemológicas tradicionales y modernas, que han favorecido la construcción teórica y aplicada de la ciencia geográfica.

Los modelos y escalas en la Geografía actual se han convertido en elementos fundamentales para el tratamiento de hechos y fenómenos naturales y/o sociales, donde los modelos geográficos, matizados por las disciplinas geográficas contemporáneas, de los ámbitos físico-natural, humano y regional, deberán construir en escalaridad espacio-temporal, los puntos de contacto que permitan a esta ciencia ofrecer escenarios críticos en la solución y abordaje de los problemas territoriales del mundo actual.

Palabras claves: *Geografía, modelo, escala.*

ABSTRACT

This article aims to reflect the apparent evolution of theories and methods of geographical research, colored by their traditional and modern epistemological trends, which have favored the theoretical

construction and applied geographic science.

The models and scales in the current geography have become key elements for the treatment of facts and natural and/or social phenomena. The geographic models, colored by contemporary geographical disciplines of physical-natural, human and regional levels must built the contact points that allow this science to provide critical scenarios in the solution of territorial problems in a space-time scalarity.

Keywords: *Geography, models, scales.*

1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de actuar en aplicaciones concretas, la Geografía se apoya fundamentalmente, en su esencial objeto de estudio, el paisaje, concebido como “cualquier parte del territorio, tal y como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de los factores naturales y/o humanos”⁴, por lo cual, los paisajes pueden ser naturales, culturales, geográficos, urbanos, rurales, entre otros.

Los hechos y fenómenos geográficos, caracterizadas, por su naturaleza territorial, física o humana; espacial o temporal; teórica o aplicada; tradicional o moderna; son factibles de ser estudiados geográficamente, siempre que se mantenga el punto de vista geográfico, es decir, como síntesis de elementos que interaccionan entre sí en concomitancia con la porción de la superficie terrestre donde se producen. (Higuera, 2006).

2. LA GEOGRAFÍA: ACERCA DE SU DEFINICIÓN

En la literatura geográfica, los manuales y artículos científicos, recogen casi de manera “obligatoria”, la necesidad de prologar

⁴ Instrumento de Ratificación del Convenio Europeo del Paisaje, BOE de 5 de febrero de 2008

ciertas pautas temporales acerca de la definición de esta ciencia que se remonta a la antigüedad clásica. (Higuera, 2006, p. 15). Por citar, como punto de partida, en la Grecia Antigua, el verbo *geographeîn*, hacía referencia a representar gráficamente la imagen de la Tierra, este planteamiento conllevó a que a finales del S. III a.C. entre los círculos matemático-astronómicos apareciera el término *Geographia* más próximo al concepto actual de Cartografía, que a la noción contemporánea de esta disciplina científica. (García, 1998).

Desde entonces, los embates epistemológicos, construcciones metodológicas y paradigmas dominantes de cada época y de toda ciencia, que originan la definición semántica, no han sido ajenos en la Geografía.

Las posiciones ideológicas y filosófico-científicas, representadas por el determinismo, posibilismo, marxismo, positivismo, ambientalismo, entre otras, han enriquecido a la ciencia geográfica, aunque esta aseveración no sea compartida por ciertas tendencias y escuelas del pensamiento geográfico.

Con ello se deduce que el concepto de Geografía, ha ido evolucionando con el tiempo y seguirá cambiando, gracias a su dinámica tradición científica que hunde sus raíces en las relaciones del hombre y su entorno físico y social; es decir, parafraseando a Higuera, se mueve entre dos polos: el espacio físico y el espacio socialmente organizado.

Por otra parte, la evolución de la ciencia geográfica, se asocia con el posicionamiento temporal de sus tres enfoques, físico, humano y regional, destacando en la actualidad el enfoque social de la Geografía, por el impacto del hombre en los problemáticas territoriales globales.

3. LA GEOGRAFÍA: INTENTOS DE CLASIFICACIÓN

La magnitud, forma y complejidad de la superficie terrestre, objeto de estudio de la Geografía, así como la singularidad de los hechos geográficos, entendido éste, como, la combinación de elementos bióticos, abióticos y humanos que tienen lugar en la superficie terrestre, hace que sea imposible estudiarla como un todo único. De tal manera que la superficie terrestre se estudia a través de porciones más o menos extensas, que constituyen el objeto próximo e inmediato del análisis geográfico; es decir, se los estudia a escala humana. (Higuera, 2006).

Como en otras ciencias, la Geografía descompone el problema principal en otros más simples, metodológicamente en dos que son inseparables:

- 1) Geografía Regional o Corológica: por su extensión, fragmentando la superficie terrestre en porciones de tamaño adecuado a la naturaleza y escala de análisis, percibidas como un todo; ejemplo: zonas, regiones, paisajes, países, municipios, etc.
- 2) Geografía General o Sistemática: En cuanto a su complejidad, resaltando su naturaleza, observando la multitud de hechos y fenómenos, observado cada uno como un todo, como un sistema, ejemplo: sistema hidrológico, sistema geomorfológico, sistemas socioeconómicos, etc.

La primera, Geografía Regional, estudia territorialmente los hechos geográficos, analizando la síntesis y convergencia de factores naturales y humanos en una porción determinada de la superficie terrestre.

La segunda, Geografía General, estudia horizontalmente los hechos geográficos, agrupándoles por su naturaleza y modo de

actuar, de aquí se establecen las ya conocidas Geografía Física y Humana, de las cuales se ha desprendido un “puñado de geografías” (Tort, 2015), situación que ha degenerado en la percepción de falta de unicidad que toda ciencia establece.

Podemos añadir además, que la Geografía Regional, fue muy difundida a principios del S. XX, especialmente en Europa y Norteamérica, de forma tardía llegó a Sudamérica, donde en Ecuador especialmente, en los años 50's se desarrollaron varios trabajos y se crearon instituciones y programas, con este enfoque regional; como las Regiones Naturales del Ecuador, Programa Nacional de Regionalización, entre otros. Cabe agregar, que este enfoque fue duramente cuestionado, incluso llegando a precisar su carencia científica, por la incapacidad de proponer leyes, es decir, manifestaba explícitamente un carácter idiográfico, limitado a describir y explicar objetos singulares como son las regiones.

Por otra parte, desde la perspectiva sistemática o Geografía General, Bunge en 1962, propone dotar a la Geografía el carácter científico de toda ciencia: objetividad, generalidad y predictibilidad, haciendo de ésta, una disciplina nomotécnica, es decir, imprimiéndole la capacidad de generar leyes en el marco de teorías probadas. Es por ello, que frente al estancamiento de la perspectiva regional, el desarrollo de estudios sistemáticos, de variada naturaleza, se pusieron de “moda”, y en el análisis geográfico, no podían faltar los estudios “geográficos” relativos a: climatología, edafología, ciudades, actividades humanas, etc.

Es preciso recalcar, la unicidad de la ciencia geográfica, la regional, (caracterizada por hechos geográficos territoriales), y sistemática, (caracterizada por hechos geográficos físicos y/o humanos), no son dos Geografías distintas, sino dos maneras

diferentes de analizar éstos hechos; ambas son interdependientes; es decir, un estudio estrictamente geográfico debe ofrecer estos dos puntos de vista, ya que los dos se integran y complementan mutuamente.

Según (Haggett, 1979), la clasificación anterior, cargada de un fuerte contenido teórico, debía superar las posturas a veces antagónicas de las disciplinas geográficas, proponiendo una visión más concreta y aplicada; en este sentido, de esta clasificación “tradicional”, relacionada a la naturaleza de los hechos geográficos, en la Geografía coexisten otras formas clasificatorias “modernas”, vinculadas a la aplicabilidad de la ciencia geográfica, así Haggett, 1969, establece tres grandes tendencias y propósitos del análisis geográfico: a) análisis espacial, b) análisis ecológico y c) análisis regional.

4. MODELOS EN GEOGRAFÍA

Chorley y Haggett, 1967, manifestaron que un modelo puede ser una teoría, ley, hipótesis o idea bien estructurada, además, puede ser una función, una relación o una ecuación, lo importante es que desde el punto de vista geográfico un modelo debe representar de forma simplificada la realidad de un sistema de interés geográfico.

Los modelos son representaciones ideales o análogas de la realidad, por lo tanto, por más bien elaborado que se presente un modelo, no deja de ser una aproximación a la realidad, por eso dicho de paso, en la investigación geográfica el trabajo de campo es imprescindible y complementario en el análisis geográfico, por lo que presenta la misma relevancia e importancia de un modelo “teórico” acerca de un hecho o fenómeno geográfico.

Como se indicó anteriormente, un hecho geográfico, puede considerarse como un sistema, ya que se percibe como un todo,

y son una combinación de elementos que concurren en una parte de la superficie terrestre. Por lo tanto, pueden construirse tantos modelos geográficos, como hechos y sistemas geográficos se presenten, los cuales que pueden interpretarse de forma objetiva y subjetiva, considerando como un requisito fundamental, la espacialidad.

En la literatura geográfica, se puede encontrar varias clasificaciones o tipología de modelos, considerando como se ha dicho la enorme complejidad en el análisis territorial. A continuación algunos ejemplos:

A. Echenique, 1972; clasifica a los modelos en dos grandes grupos:

- a. según la naturaleza de los hechos que representan y los materiales utilizados para su elaboración, entre ellos:
 - i. iconográficos
 - ii. representaciones analógicas
 - iii. verbales
 - iv. esquemáticos
 - v. basados en algoritmos
- b. según la finalidad que persiguen:
 - i. descriptivos
 - ii. explicativos
 - iii. exploratorios

B. Higuera, 2006; según la interacción territorial:

- a. potenciales
- b. gravitacionales
- c. accesibilidad y conectividad
- d. análisis de redes: grafos.

C. Rana, 2013; sugiere una clasificación general, de tres tipos:

- a. Modelos Apriori y Aposteriori;
- b. Modelos descripción y normativa; y
- c. Modelos Hardware y Software.

D. Harvey, 1967; propone una clasificación “más” extensa y completa.

- a. Modelo del Sistema Analógico Natural
 - i. Analógico Historial
 - ii. Analógico Espacial
- b. Modelo del Sistema Físico
 - i. Modelo Hardware
 - (i) Escala (icónica)
 - (ii) Analógico
 - ii. Modelos Matemáticos
 - (i) Determinismo
 - (ii) Estocásticos
 - iii. Modelo de diseño Experimental
- c. Modelo del sistema general
 - i. Sintético
 - ii. Parcial
 - iii. Caja negra

Cabe recalcar que estas propuestas clasificatorias de modelos, toman en consideración algunas circunstancias y características, propias de la época y del investigador (Higuera, 2006):

- a) El centro de interés del investigador
- b) La finalidad del modelo: describir, explicar o predecir.
- c) La escala del análisis
- d) El número y naturaleza de las variables utilizadas.
- e) Las teorías en las que se apoya el modelo y las técnicas de análisis disponibles.

5. ESCALAS EN GEOGRAFÍA

La escala constituye otro de los aspectos espaciales fundamentales en los que se apoya las ciencias del territorio, entre ellas la Geografía, así lo consideraba Howitt (1998), al comparar la relevancia que ésta tiene junto con los conceptos geográficos de lugar, espacio y medio ambiente.

El lenguaje de la escala en Geografía es demasiado poderoso (Jonas (1994)), para ser tratado como una simple dimensión de la espacialidad, vista sobre todo, en algunas circunstancias más que como un problema y una limitante, que como una noción

contextual que facilite el análisis geográfico diferenciado de la realidad estudiada.

Para establecer un punto de partida que permita dilucidar sobre esta complejidad escalar, Gutiérrez Puebla (2001), establece cuatro concepciones fundamentales: como tamaño, como nivel, como red y como relación. Este planteamiento, como lo veremos posteriormente, resulta cada vez más evidente en un contexto actual de globalización, donde procesos que se inician en un determinado lugar y naturaleza distinta (física y humana), tienen sus efectos (físicos y humanos) en lugares distintos y muy alejados de su origen.

La primera, como tamaño, es la escala cartográfica, y establece órdenes de magnitud y de nivel de detalle o resolución. La segunda, como nivel, corresponde al nivel jerárquico político-administrativo (local, nacional, global). La tercera, como red rechaza la idea de escala asociada a determinadas áreas y niveles y plantea la idea de redes de agentes que operan a distintos niveles de influencia. Por último, el concepto más rico y de mayor potencial para el análisis geográfico es la escala como relación, apoyada en la idea de que cuando se cambia de escala, los elementos que se contemplan pueden ser básicamente los mismos; lo que cambia son las relaciones entre ellos y el modo en que destaca el papel que juegan algunos de esos elementos en las distintas escalas, donde adquieren una importancia distinta.

En este punto, cabe una reflexión, acerca de la utilización de escalas, como mecanismo de generalización, cuando de forma deliberante, se establecen arbitrariamente escalas predeterminadas para distintos estudios territoriales, p.e. estudios urbanos: escala 1:5000; planes de ordenamiento territorial municipal: 1:25000, etc. Los estudios territoriales geográficos son eminentemente multiescalares, tanto en

el espacio como en el tiempo, debido a que los factores físico-naturales o sociales-humanos, no determinan su dinámica “natural” a delimitaciones artificiales como las anteriormente indicadas.

6. ESTUDIOS APLICADOS

Es aceptable que en la actualidad la Geografía, más que en otros momentos de su evolución, nos proporcione un desarrollo teórico (básico) y aplicado, muy bien posicionado, especialmente desde una perspectiva holística e integral para la gestión del territorio. La investigación básica tiene por finalidad acrecentar los conocimientos teóricos para el progreso de una ciencia y no se interesa directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas. Su objetivo es cognitivo e intenta formular generalizaciones para desarrollar una teoría basada en principios o leyes, como por ejemplo, lo indicado en el desarrollo de este artículo.

Mientras la investigación aplicada busca conocer, para hacer, para actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías de valor universal (Ander Egg, 1980).

En esta “aplicabilidad” de la ciencia geográfica, dependiendo de las orientaciones temáticas antes indicadas, física, humana y regional, se ha desarrollado un fuerte cuerpo teórico, conceptual y operativo, apoyado técnica e instrumentalmente, en mayor o menor medida, y con mayor o menor aceptabilidad las tecnologías de información geográfica (TIG's), los análisis de campo (interpretación del territorio), fotografía aérea, teledetección y percepción remota (fotointerpretación del territorio), y otros métodos analíticos cualitativos y cuantitativos para el análisis territorial.

Finalmente, por citar un ejemplo, de la aplicabilidad de la ciencia geográfica, de la mano con la evolución de distintos paradigmas, y por ende, de las teorías y métodos diseñados, Pacione (1999) expone una síntesis en este sentido:

- Riesgos naturales y culturales
 - Calentamiento global
 - Vulcanismo y terremotos
 - Deslizamientos
 - Inundaciones
- Cambio y gestión ambiental
 - Conservación de la biodiversidad
 - Evaluación del impacto ambiental
 - Conflictos de uso del suelo en la periferia urbana.
 - Turismo sustentable
- Desafíos del ambiente humano
 - Urbanización y conurbanización. Disputas de frontera urbano – rural
 - Ciudad y territorio. Centro – periferia (periurbano)
 - Transporte urbano y problemas del tráfico.
 - Marketing de ciudad como herramienta de planificación.
- Técnicas para el análisis espacial
 - GIS, sensores remotos y el problema del cambio ambiental.
 - Geodemografías, marketing y localización.
 - GPS: como herramienta práctica de trabajo.
 - Simulación computarizada y modelamiento de la estructura y medioambiente urbano.

7. EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR FRENTE AL RETO DE LA INVESTIGACIÓN

En el 2008 el Instituto Geográfico Militar implementa el departamento de Investigación y Desarrollo, cuya visión futurista es ratificada mediante Decreto Ejecutivo No. 940 de fecha 22 de Noviembre

del 2011, con el cual el IGM se adscribe al Ministerio de Defensa Nacional y se transforma en Instituto de investigación perteneciente a las Fuerzas Armadas del Ecuador.

Esta gestión pretende conjugar la investigación básica o aplicada con la producción cartográfica actual, logrando fortalecer el área productiva, donde la investigación a más de aportar con aplicaciones prácticas, dan soporte a otras áreas afines o relacionadas a la temática geográfica y cartográfica.

El equipo multidisciplinario con el que cuenta este departamento, fortalece el enfoque analítico con las diferentes aportaciones técnico-científicas respecto a una problemática en concreto, aparentemente pueden parecer desarticuladas, pero el universo que propone la ciencia geográfica, es el que permite conjugar dentro de sus modelos y a sus diferentes escalas la realidad de una problemática territorial.

8. CONCLUSIONES

En el presente artículo, *Geografías sin fronteras. Una cuestión de modelos y escalas*, se ha puesto de manifiesto, a breves rasgos, la evolución epistemológica, conceptual y metodológica de la Geografía, resaltando tres factores claves: modelos, escalas y aplicabilidad, desde una perspectiva técnica y conceptual, que nos lleva a reflexionar que en el territorio, donde subyacen los sistemas, natural y humano, que miran el mismo objeto, desde sus propias dinámicas espacio-temporales, se producen percepciones distintas y unas fuertes colisiones escalares que dificultan la determinación de límites o fronteras convencionalmente predefinidas en los estudios geográficos.

La aplicabilidad no funciona de manera lineal y unidireccional, aunque se contemple un “modelo” desde cualquiera

de estas tres perspectivas, éstas siempre se retroalimentarán, y dependiendo de la dinámica institucional y su competencia, esto hace que el análisis de la situación sea de alta complejidad, es por ello, que en la actualidad se está abordando el estudio del territorio desde la Teoría de la Complejidad.

Parafraseando a Reboratti (2001), posiblemente no existe una receta metodológica única, sin embargo, es necesario aproximarse críticamente a la discusión de modelos, escala e instrumentos de uso geográfico, como unas herramientas antes conceptuales que únicamente técnicas.

Haciendo referencia a los centros de interés y paradigmas de cada época, el método analítico para abordar los problemas territoriales, desde las posturas geográficas, física, humana y regional, han presentado un posicionamiento relativo, por lo que ninguna escapa de ofrecer propuestas particulares y soluciones absolutas a los problemas contemporáneos, territoriales, ambientales y socioeconómicos, en general.

La realidad geográfica presenta una enorme complejidad, no sólo por la naturaleza y magnitud de sus componentes y relaciones, sino también por los métodos y técnicas variadas para tratar un problema específico, por lo tanto, un modelo geográfico no se debe improvisar, es necesario analizar y seleccionar las variables más significativas para la descripción y explicación del hecho que guía al investigador.

De las breves aproximaciones teóricas, conceptuales y metodológicas acerca de estos dos conceptos, modelo y escala en la Geografía, recordamos que son las interrelaciones entre naturaleza y sociedad; hombre y entorno físico – social, objeto básico de interés para esta ciencia, por lo tanto, uno de sus mayores preocupaciones y retos, es compaginar los elementos

esenciales en un modelo geográfico, con las escalas geográficas apropiadas para analizar los factores físico-naturales, de impacto espacial; con los factores humanos, de carácter temporal, condición ineludible para tratar temas territoriales y ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capel, H. y Urteaga, L. Las Nuevas Geografías. Salvat Ediciones Generales, S. A. Barcelona, España. 1991

Gutiérrez Puebla, J. Escalas espaciales y temporales. Estudios geográficos LXII, 242, 2001.

Hartshorne, R. El concepto de geografía como ciencia del espacio: de Kant y Humboldt a Hettner. Documents D'Análisi Geogràfica, 1991, pp. 31-54.

Higueras, H. Teoría y método de la Geografía. PUZ. Colección de Textos Docentes. 2006

Peet, P. & Thrift, N. New models in geography. The political-economy perspective edited by Clark University & University of Bristol. London. 2001.

Rana, L. Models, theory & systems analysis in geography. The Association for Geographical Studies. University of Delhi. 2013.

Reboratti, C. Una cuestión de escala: sociedad, ambiente, tiempo y territorio. Sociologías, Porto Alegre, año 3, nº 5, jan/jun 2001, p.80-93.

Harvey, D. Explanation in Geography, New Delhi: Arnold Publishers. 1969.

APORTES, DIAGNÓSTICO TERRITORIAL Y POSIBLES SOLUCIONES A LA PROBLEMÁTICA ESPACIAL DE UNA PARROQUIA RURAL DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

León, Fernanda; Narváez, Rocío
Gestión Geográfica, Instituto Geográfico Militar
Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. El
Dorado. Quito - Ecuador
fernanda.leon@mail.igm.gob.ec;
rocio.narvaez@mail.igm.gob.ec

RESUMEN

El desarrollo territorial rural es hoy en día uno de los temas más relevantes a nivel mundial, por ser un proceso que busca reducir las desigualdades sociales, mejorar la calidad de vida de los habitantes y garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales. En esta temática se integran diversos aspectos sociales, culturales, económicos, ambientales, entre otros, desde donde se pueden realizar aportes, como en este caso, a través de una Institución dedicada a la generación de información base para la ejecución de programas, planes y proyectos para el desarrollo.

El presente documento, se basa en la metodología denominada “Modelo Conceptual de la Dinámica de la Parroquia” desarrollada por el catedrático argentino PhD. Marcelo Sili y pretende realizar un diagnóstico rápido, proponer unos objetivos futuros y describir brevemente como podrían alcanzarse, en una parroquia rural del Distrito Metropolitano de Quito, como ejercicio para ver la factibilidad de adaptar otras propuestas a nuestra realidad.

Palabras clave: Diagnóstico Territorial, Parroquia rural.

ABSTRACT

Nowadays, the rural territorial development is one of the most important issues, as a process that intended to reduce social inequalities, improving the quality of life for residents and sustainability of natural resources. This thematic integrate diverse social, cultural, economic, environmental, among others, from where you can make

contributions, through an institution which is dedicated to generating basic information for the implementation of programs, plans and issues development projects.

This document is based on the methodology called "Dynamic Town for rural territories" developed by PhD. Marcelo Sili who tries to make a rapid diagnostic, to propose some future goals and to describe briefly as could be achieved in one rural town of the Metropolitan District of Quito, as an exercise to see the viability for adapting other proposals to our time.

Keywords: territorial diagnosis, rural territory.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, tanto en la Constitución Nacional como en los Códigos Orgánicos de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización y el de Planificación y Finanzas Públicas –COOTAD y COPFP– (en vigencia desde octubre del 2010) se establecen directrices y disposiciones relacionadas con los procesos de formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial como instrumentos de planificación que permiten a los Gobiernos Autónomos Descentralizados –GAD–, desarrollar la gestión concertada de su territorio, orientada al desarrollo armónico e integral.

En este marco la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo –SENPLADES– de forma conjunta con los GAD estableció

lineamientos, donde se relaciona tanto los propósitos de la planificación, la necesidad de articulación de estos instrumentos y las grandes políticas nacionales, como el fomento de la planificación participativa y la transparencia que deben primar en las fases de concreción y puesta en marcha de esos planes.

El Plan Nacional de Desarrollo del país, es el instrumento orientador de esta planificación, la inversión pública y el endeudamiento, cumpliendo el papel de coordinador de las competencias y de la acción estatal de los distintos niveles de gobierno.

De lo anteriormente expuesto, se define la necesidad de brindar aportes a las entidades menos fortalecidas, como es el caso de los Gobiernos Parroquiales, para realizar propuestas metodológicas, desde una Institución que está al servicio del país y que cuenta con Talento Humano capacitado, en los temas aquí tratados, con el objetivo de impulsar el desarrollo.

Se ha seleccionado a la parroquia rural de Guayllabamba, por ser un territorio cercano a

la ciudad de Quito, que presenta características particulares por su ubicación espacial y actividades económicas.

El presente documento busca cumplir con los objetivos de: Identificar el territorio de la parroquia rural “San Francisco de Guayllabamba” y plantear sus Objetivos de Desarrollo aplicando el “Modelo Conceptual de la Dinámica de la Parroquia”; donde se prioriza los problemas encontrados y se propone estrategias, proyectos y acciones para solventarlos.

2. IDENTIFICACIÓN DEL TERRITORIO

El área de estudio se ubica en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), parte de la provincia de Pichincha (Ver Figura 1), que a su vez integra la Región de Planificación 2 –Centro Norte– conjuntamente con las provincias de Napo y Orellana. El nombre oficial es San Francisco de Guayllabamba y se trata de un valle con un clima templado semitropical. Se sitúa a orillas del río Guayllabamba y alcanza una altura de hasta 1.890 m.s.n.m. Aquí se encuentran remanentes de bosque seco andino, un ecosistema único en el DMQ.



Figura 1. Ubicación Geográfica de Pichincha
FUENTE: Mapa Temático Provincial Pichincha - IGM 2012

Caracterización Física:

La parroquia de San Francisco de Guayllabamba se encuentra dentro de un valle formado por el corrugamiento de las estribaciones montañosas del Nudo Mojanda Cajas, estos cerros constituyen el elemento orográfico que divide las hoyas del Chota y del Guayllabamba. El entorno, pampas y valle de la Parroquia, es parte importante del equilibrio ambiental del planeta, su biodiversidad, topografía, bosque protector y vegetación arbustiva seca brindan un potencial universal. Cuenta también con recursos hídricos importantes como los Ríos Guayllabamba, Urvia y Pisque y como muestra el Mapa Geológico del Ecuador, Sangolquí, Hoja 84-SW, edición I-1980, predomina la Cangagua (Cuaternario) “depósito de toba y ceniza y con una litología constante sobre todo el terreno” en un 10.16% en una área de 5,45 Km²; y Cangagua sobre sedimentos Chichi; depósito aluvial, coluvial, lagunar; Derrumbe; Sedimentos Chichi; Terraza indiferenciada e indiferenciada nivel 2; Volcanos sedimentos San Miguel y sedimentos desordenados en un 89.84% en una área de 48.14 km².

Crecimiento Poblacional:

La población de la parroquia, según censo 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos –INEC-, demográficamente estaría posesionada en la región en el sexto lugar, luego Calderón, Tumbaco, Cumbayá, Yaruquí y Pifo, con una población de 16.213 habitantes (Ver Figura 2).

Infraestructura vial:

Una investigación realizada en el 2012 por el Gobierno Parroquial, indica que la principal vía de acceso es la panamericana norte, la misma que se encuentra en excelente estado, dispone de una buena señalización y se calcula que el 80% del tráfico que ingresa a la cabecera parroquial lo hacen por esta vía. En el caso de las otras vías de acceso a la parroquia, es decir el 20% restante circulan por la vía Guayllabamba – Puéllaro, el Quinche – Guayllabamba, donde la capa de rodadura se encuentra en regular estado. En la parte interna, los accesos a los distintos barrios que conforman la parroquia presentan problemas de movilidad debido al mal estado de las mismas, se registra que el 30% de los accesos a los barrios se encuentran empedradas, el 30% en suelo natural, el 20% adoquinadas y el 20% asfaltadas.

3. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO

En los últimos 30 años, la tecnificación de cultivos como las florícolas o plantaciones de gran escala, las diversas actividades económicas, el crecimiento de la población, entre otros eventos han marcado cambios sociales, económicos y culturales en el área.

Plantear cual es el futuro deseado para la parroquia, a través de la definición de los objetivos que busca alcanzar el desarrollo, de forma previa al diagnóstico territorial, permite soñar, dejando de lado limitaciones,

POBLACIÓN SEGÚN CENSOS							
	1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
PICHINCHA	381.982	553.665	885.078	1.244.330	1.516.902	2.388.817	2.576.287
DMQ	314.238	475.335	768.885	1.083.600	1.371.729	1.839.853	2.239.191
GUAYLLABAMBA	1.999	3.048	4.148	5.692	7.103	12.227	16.213

Fuente: Censos INEC
Elaboración: ETP - GADPP

Figura 2. Crecimiento Poblacional

“más allá de los problemas” (Sili, 2011:76) y centrándose en lo que se anhela de forma positiva.

En la Tabla 1, se plasma la definición de la imagen del futuro deseado. Inicialmente se identificaron grandes temas, luego se realizaron diversas propuestas para finalmente concluir en los objetivos del desarrollo.

A través del empoderamiento de la población, lograr tener un ambiente social sano y seguro, organizado, robusto y solidario.

4. DIAGNÓSTICO TERRITORIAL

La parroquia por su ubicación espacial, características climáticas, población y actividades económicas y productivas, presenta una realidad diferente de otras parroquias del DMQ. El espacio físico, los cambios ocurridos en las últimas décadas, en temas sociales, políticos y económicos a nivel de país, así como los avances tecnológicos, combinados con la dinámica de sus habitantes, le dan una identidad propia, probablemente única, a la localidad.

Haciendo un breve recuento, encontramos que en la época colonial, la zona estaba casi en su totalidad, conformada por haciendas, todas con grandes extensiones de tierra dedicadas a las actividades agrícolas, fundamentadas en el peonazgo. Es importante mencionar que las condiciones de vida de los peones⁵ en estas tierras eran precarias.

En el año de 1961, con la Ley de Reforma Agraria y Colonización en Ecuador, todas estas haciendas se parcelaron, parte de las cuales se adjudicaron a los propios trabajadores, como una forma de compensación dando paso a las actividades de agricultura familiar. También era general la crianza de animales vacunos, bovinos y porcinos, de forma doméstica.

La parte restante de las haciendas, que no fue entregada a los trabajadores, se vendieron a inversores inmobiliarios, que realizaron proyectos de fincas, aprovechando la condición de valle y cercanía a la capital, incentivando la compra-venta de tierras para predios vacacionales o de fin de semana, que mantienen parte del cultivo frutal. Sin embargo, al ser sitios de permanencia ocasional, los nuevos habitantes, no tienen interés en generar

TABLA 1. PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO

TEMA	PROPUESTAS	OBJETIVOS DEL DESARROLLO
AMBIENTAL	Mayor cantidad de espacios verdes. Menor de la contaminación ambiental. Paisaje más atractivo.	Convertirse en un modelo de manejo ambiental en la región.
ECONÓMICO PRODUCTIVO	Calidad y cantidad de servicios turísticos apropiados . Incremento producción agrícola familiar. Integración de los jóvenes	Ser atractiva para el turismo, por la buena calidad de sus servicios y productos propios.
SOCIAL	Integración social con espacios sociales, culturales y deportivos. Fortalecer la organización barrial y sectorial con liderazgo y participación.	A través del empoderamiento de la población, lograr tener un ambiente social sano y seguro, organizado, robusto y solidario.

⁵ El denominativo peón, es usado de forma despectiva en la localidad

relaciones con la comunidad y transforman el paisaje, hasta entonces rural, con grandes cerramientos y muros (Ver Foto 1).

Otro factor importante en la evolución y transformación de la parroquia es el desarrollo del turismo gastronómico, considerando que es un paso obligado para ir hacia las provincias del norte, se ha intensificado cada vez más esta actividad, impulsando un crecimiento económico local, dando también origen a nuevos problemas.

Sin embargo, el proceso de mayor impacto, es el acaecido a finales de la década de los años 80 con la inversión extranjera en plantaciones de flores para exportación, no solo en Guayllabamba, sino en varias parroquias aledañas, ocasionando cambios drásticos, dados por la gran cantidad de inmigrantes que llegaron a la población, desde la costa y las provincias más sureñas del Ecuador. Esta mano de obra para las plantaciones, arribó sin planificación alguna, saturando la disponibilidad habitacional, servicios básicos,

educación, salud e incrementando la inseguridad y atrayendo nuevas actividades económicas principalmente de comercio.

Todos estos eventos explican en parte, varios de los problemas, que existen actualmente en la zona, mismos que a continuación buscamos identificar a través de una clasificación temática conjuntamente con sus causas y efectos (Sili, 2011: 79). Además se determinó una clasificación de prioridades a los planteamientos. En la Tabla 2 se muestran los más prioritarios.

5. DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS, PROYECTOS Y ACCIONES

Con sustento en lo establecido en el diagnóstico realizado, a la clasificación de prioridades, a los objetivos del desarrollo deseados y esquematizados en el Anexo 1, se realiza una propuesta de planteamiento de estrategias para alcanzar el desarrollo del territorio, también establecida por temas.



FOTO 1. Arriba, Vía a barrio Villacís, terrenos en manos de propietarios locales Abajo, misma vía, terrenos de nuevos propietarios. Fuente: Rocío Narváez

TABLA 2. DE IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

TEMA DE ANÁLISIS	PROBLEMA	CAUSA	PRIORIDAD
AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	Contaminación ambiental por desechos sólidos y líquidos.	El incremento desmedido de la población. Florícolas generan desechos químicos líquidos que contaminan.	3
INFRAESTRUCTURA Y CONECTIVIDAD	Limitada capacidad de servicios turísticos.	El crecimiento desordenado de la población.	3
	Equipamientos sociales de educación y salud, insuficientes para la demanda de la parroquia	Crecimiento poblacional acelerado. Falta de inversión en infraestructura para educación y salud.	3
DEMOGRAFÍA Y SOCIEDAD	Pérdida de la producción agrícola familiar.	Excesivo fraccionamiento del suelo.	3
PRODUCTIVO - ECONÓMICO	Incremento en niveles de delincuencia, apareamiento de comercio de drogas.	Altos índices de migración hacia fuera del país.	3
	Falta de vinculación de inmigrantes al entorno local.	Rechazo a los nuevos pobladores por parte de los residentes. Falta de identidad local.	3

Ambiente y Recursos Naturales

Objetivo: Que la parroquia de Guayllabamba se convierta en un modelo de manejo ambiental en la región.

Estrategia 1: “Fomentar y promover el control ambiental e incentivar la preservación de los recursos naturales”.

Proyectos y Acciones:

- Asignación de los recursos necesarios para asegurar el cumplimiento de las normas.
- Organización local, para el control y mantenimiento de las licencias ambientales otorgadas.
- Educación ambiental en distintos sectores de la población, como en los centros educativos, en los barrios, entre otros.
- Preservación de plantas y árboles nativos.

- Elaboración de un plan de Uso de suelo, que regule el crecimiento del área urbana.

Estrategia 2: “Implementar un adecuado manejo de desechos sólidos”

Proyectos y Acciones:

- Implementación del plan de manejo de desechos sólidos local.
- Educación ambiental comunitaria.
- Incorporación de granjas de compost (abono para biohuertos)

Productivo y Económico

Objetivo: Que sea una parroquia atractiva para el turismo, por la buena calidad de sus servicios y productos propios.

Estrategia 1: “Promover la producción agrícola familiar”.

Proyectos y Acciones:

- Participación coordinada en la formación de proyectos comunitarios.
- Capacitación de la adecuada producción agrícola, comercialización interna y externa.
- Regulación del uso adecuado del suelo
- Dotación de infraestructura para riego a las zonas productivas.
- Implementación y financiamiento del plan de mejora y mantenimiento de la vialidad interna.
- Motivación del consumo de la producción local.

Estrategia 2: “Incrementar la inversión pública y privada en infraestructura”.

Proyectos y Acciones:

- Construcción de parqueaderos y baterías sanitarias.
- Accesibilidad a créditos productivos
- Articulación del plan de vigilancia para el control sanitario de locales expendedores de alimentos.
- Difusión y promoción de los atractivos turísticos y gastronómicos.

Social y Cultural

Objetivo: Que a través del empoderamiento de la población, se logre tener un ambiente social sano y seguro, organizado, robusto y solidario.

Estrategia 1: “Fortalecer la organización social”.

Proyectos y Acciones:

- Comunicación directa de los habitantes con la autoridad a todos los niveles.
- Formación y capacitación de líderes, que guíen de forma ordenada las actividades de la población.
- Implementación de plan incentivos para organizaciones establecidas.

- Creación de espacios para la integración social, deportiva y cultural.
- Impulso a la creación de la policía comunitaria en base a la conformación de grupos de vecinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SENPLADES, Subsecretaría de Planificación Nacional, Territorial y Políticas Públicas, Guía de contenidos y procesos para la formulación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de provincias, cantones y parroquias, Quito, mayo 2011.

Terán, Francisco. Visión histórico-geográfico de las tierras comprendidas entre el nudo de Mojanda y el río Guayllabamba. Número 34 de Cartillas de divulgación ecuatoriana. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1982.

BRASSEL, Frank, RUIZ, Patricio. et al. ¿REFORMA AGRARÍA EN EL ECUADOR?. Quito: SIPAE, 2008.

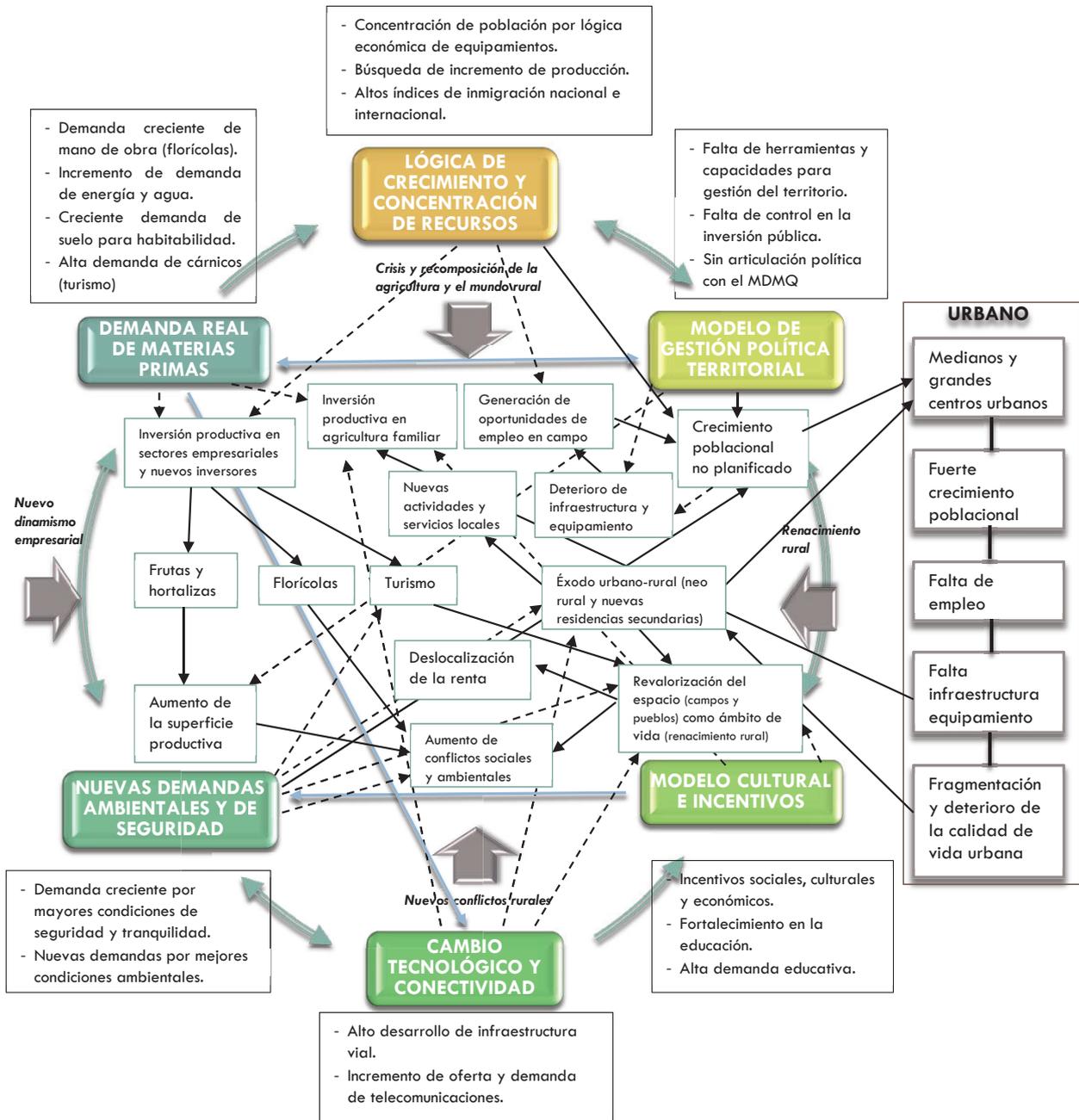
GADGUAYLLABAMBA. “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Guayllabamba”. [En línea]. Ecuador: agosto de 2012. http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/dmq/ppdot_guayllabamba.pdf (09/01/2015)

O’CONNOR, Erin. Etnohistoria e historia nacional en el Ecuador: peonazgo indígena, cultura de hacienda y estado nacional. Quito: Abya-Yala, 2008.

SILI, Marcelo. “Proyecto Río Negro. Metas estratégicas para el desarrollo provincial”. [En línea]. Argentina: junio de 1999. <http://www.marcelosili.com/planes-y-proyectos-de-desarrollo-de-%C3%A1reas-rurales/> [09 de diciembre de 2014].

SILI, Marcelo. “¿Cómo revertir la crisis y la fragmentación de los territorios rurales ? Ideas y propuestas para emprender procesos de desarrollo territorial rural”. [En línea]. Argentina: 2011. <http://www.marcelosili.com/planes-y-proyectos-de-desarrollo-de-%C3%A1reas-rurales/> [09 de diciembre de 2014].

MODELO CONCEPTUAL DEL DESARROLLO DE LA PARROQUIA RURAL SAN FRANCISCO DE GUAYLLABAMBA (Quito – Ecuador)





Ministerio de Defensa Nacional



Instituto Geográfico Militar

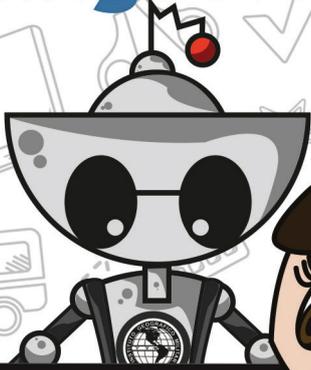


Geoportal

Instituto Geográfico Militar

Geoeeducación

www.geoportaligm.gov.ec



Geoeeducación

-  **Mi Patria**
-  **Geojuegos**
-  **Geoaprendamos**
-  **Geoactividades**
-  **Mapoteca**
-  **Biblioteca**
-  **Material de Apoyo**



“Unidos por la Ciencia y el Espíritu
para el Progreso del Ecuador”

www.igm.gob.ec - www.geoportaligm.gob.ec

QUITO: Av. Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño - El Dorado • Apartado 17-01-2435 • email: igm@mail.igm.gob.ec •

Fax: (593 2) 256 9097 • Telfs: (593 2) 397 5100 al 130

GUAYAQUIL: Av. Guillermo Pareja #402, Ciudadela la Garzota • Telf: (593 4) 224 3909 - 224 2797