
EJEMPLO PILOTO, O BÚSQUEDA DE CAMINO, HW, SW VS "BRAINWARE"

Nicole Bernex e Isabel Murillo Injoque (IDEA)

Pontificia Universidad Católica del Perú

e-mail:mbernex@pvcp.edu.pe

e-mail:imurill@pvcp.edu.pe

"No presumas de perfecto, sólo las pulgas no tienen pulgas"
San Agustín

INTRODUCCIÓN

En esta breve comunicación deseamos dar cuenta de dos aspectos muy concretos: los resultados de nuestra consulta acerca de los estudios de postgrado en Cartografía, SIG y Teledetección, llevada a cabo a 14 instituciones de Lima y su provincia, y la exposición esquemática del proceso científico, utilizando un Sistema de Información Geográfica, para cartografiar el riesgo natural en Perú. Estas dos aportaciones puntuales hemos querido enmarcarlas en una modesta reflexión en la que pasamos revista a la evolución reciente en el uso de modernas tecnologías de análisis espacial y referimos los problemas todavía vigentes, así como las propuestas para un mejor diseño de los currículum formativos.

UNA DÉCADA DE ESFUERZOS Y EXPERIENCIAS

Es a partir de la década de los 80 cuando se vislumbraron nuevos horizontes tecnológicos y científicos en el Perú, en el ámbito de unas pocas universidades. Los primeros PC XT hicieron su aparición en 1984-85 con el primer software SIG de IBM, pronto acompañado del programa SURFER y otros, teniendo que esperar los años 1989-90, para conocer, tener y utilizar ARC/INFO e IDRISI. Paralelamente al esfuerzo de las Universidades Agraria – La Molina y Pontificia Universidad Católica del Perú, creció desde algunas empresas, ONG y dependencias del sector público el entorno de los usuarios de SIG en el Perú, tal como lo demuestran los resultados de la encuesta realizada a 14 instituciones en Lima y provincia (ver anexo 1).

Hoy día, existe una fuerte demanda externa desde las empresas y el sector público, orientada a proyectos de geografía aplicada que integran un SIG y en varios casos teledetección. Por ello, en la especialidad de geografía de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la PUCP, uno de los cursos obligatorios de pregrado es Cartografía Automatizada y otro es Fotointerpretación y Teledetección. Preparan los alumnos a tener capacidad de responder a las demandas de diseño de proyecto e implementación de SIG para fines de desarrollo. Paralelamente a esos cursos, los estudiantes pueden integrarse en uno u otro de los proyectos que el Centro de Investigación en Geografía Aplicada tiene y adquieren así mayores destrezas.

Una de las experiencias que ilustran este tipo de investigación es el proyecto de elaboración del Mapa de Amenazas realizado a solicitud del PNUD y del Ministerio de la Presidencia. El objetivo era muy impreciso y el tiempo muy corto; cabe recordar que el ayer es el tiempo real de la prevención y que las Cartas Nacionales existentes eran obsoletas inclusive a nivel del cauce de los ríos, teniendo en cuenta que se levantaron en la década del 60, que la dinámica morfológica había corregido el rostro del espacio y que la información de los centros poblados georeferenciados solamente existía en un 20%.

De acuerdo a su nivel, los estudiantes participaron en una u otra etapa del proyecto; el cual tenía una dimensión interinstitucional enriquecedora. En este caso dos profesionales del Instituto Nacional de Estadística e Información trabajaron con nosotros tanto a nivel de georeferenciación de los poblados a partir de las imágenes LANDSAT como a nivel de los SIG urbanos.

Sin embargo y hasta la fecha, el PNUD y el Ministerio de la Presidencia no cuentan con la capacidad necesaria para utilizar eficientemente es-

tos resultados y tomar las debidas acciones de prevención y mitigación. Igualmente cabe mencionar una cierta frustración del equipo ante el empobrecimiento de los resultados. De otro lado, constatamos internamente una buena respuesta de los estudiantes.

Otros proyectos de la misma índole como el realizado para la FAO sobre "Pobreza, Producción Agrícola y estado nutricional: un modelo para la seguridad alimentaria en el Perú", o bien sobre "Diagnóstico de la Cuenca de Moquegua: elaboración de un SIG" muestran que existen dificultades de uso y de actualización para el usuario, además de los problemas comunes de toma de datos y de evaluación de la información.

El proyecto TELESIC nos ha impulsado a reflexionar internamente y evaluar nuestras fortalezas y debilidades, prestando un especial cuidado en precisar nuestras limitaciones a fin de lograr nuevas respuestas.

PRECISAR LAS LIMITACIONES

Los problemas a los que nos enfrentamos se pueden centrar en los siguientes:

- **Un uso restrictivo de los SIG:**
Suelen surgir problemas diversos "al entregar un producto". Puede citarse al respecto la incapacidad de lectura de parte del usuario por tener un entorno HW deficitario o carencia de SW. Asimismo, observamos necesidades imprecisas y cambios constantes desde el usuario, el cual no suele tener una formación en análisis espacial y no considera el espacio vivo y vivido desde la práctica real, tampoco las dimensiones retrospectiva y proyectiva de una misma realidad.
- **Un problema de información:**
Indudablemente es el problema más vasto de todo proyecto. A menudo, la información no está disponible y su calidad es muy discutible (información obsoleta, sin control de campo, con errores graves o vacíos, sin criterios comunes a nivel de escala, de unidades de valor, etc...). Eso no afecta solamente a la información socio-económica como los censos de población y producción, sino también a la información física como la red hidrográfica o los datos meteorológicos.

- **Un divorcio creciente entre la práctica computacional y el análisis geográfico:**
Constatamos la difícil integración entre profesionales de la informática cuya lógica es rigurosa y los profesionales del espacio que manejan análisis cuantitativo y cualitativo y que no han recibido la capacitación necesaria para lograr pensar juntos la filosofía del sistema y así integrar el análisis espacial con el análisis computacional. De ahí quedan sin resolver varios problemas como el de la semiología gráfica, tan privilegiada por la cartografía temática tradicional y olvidada por los productores de SW, lo que cuestiona la calidad de comunicabilidad de los productos cartográficos.
- **La necesidad de una enseñanza más integral:**
Esta enseñanza debe considerar tanto el productor como el usuario del SIG y sus necesidades. Por lo tanto debe valorar la capacidad de comunicabilidad de los software y la capacidad pedagógica del diseño.

LAS NUEVAS RESPUESTAS

Una vez planteadas estas limitaciones, hemos buscado ciertas respuestas en el marco mismo de los proyectos y a través de nuevas propuestas curriculares.

Es así que dentro de un proyecto de gran aliento del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (Cartografía Cibernética de las Américas) y a nivel del CIGA-PUCP, intentamos articular el aporte de la Geografía (modelos, análisis factorial, componentes principales, incorporación de las técnicas estadísticas existentes), de la computación (Sistemas de información, bases de datos, geometría computacional) y de la matemática. El proyecto de Cartografía Cibernética de las Américas descansa sobre la estructuración de metadatos y creación de nodos, resolviendo así el problema de la información, sobre la formación de equipos "mixtos" (profesionales de la Informática y profesionales del Espacio), resolviendo el problema del divorcio actual. No obstante, existe aquí la necesidad de lograr una propuesta curricular fina, adaptada a estas necesidades e incorporando los distintos *backgrounds* profesionales y las nuevas exigencias. Creemos que el problema informático de conversión de SIG a Internet es un falso problema, teniendo en cuenta las actuales posibilidades (ej.: ArcInfo, ArcView, IMS, MapObjects, etc...).

Actualmente, estamos en un momento clave respecto a la enseñanza de la cartografía en nuestra especialidad de geografía en pregrado. Nuestra propuesta de reforma curricular incluye desdoblarse el curso de cartografía automatizada en dos semestres: en un primer semestre, considerar el metasisistema, el sistema de información y el sistema computacional, sus características, sus niveles de integración; en un segundo semestre dedicarse más a las funciones de un SIG, al modelamiento y a las prácticas. El mismo estudio de caso se iniciará en un primer momento y será llevado a cabo en la práctica.

Finalmente, estamos conscientes que esta búsqueda de camino es y será siempre constante, que este proceso exige prudencia, es decir no caer en la dependencia de los SW, y saber que más allá de ellos y de los HW, hay el "brainware", que los SIG son para el Hombre, para el desarrollo humano sostenible, para mejorar la calidad de vida y poder crecer en humanidad y por lo tanto deben lograr sus funciones de análisis, de evaluación, de puesta al día, de orientación de las decisiones, y de comunicación con los demás actores.

ANEXO 1

Los resultados de la encuesta muestran el parecer de 14 instituciones, entre las que se cuentan organismos públicos, centros universitarios, ONG y organismos de apoyo internacional.

1. Los usos de SIG, Teledetección y Cartografía se consideran como:
 - SIG: 93% de uso frecuente
 - TELEDETECCIÓN: 71% uso frecuente
 - CARTOGRAFÍA: 93% de uso frecuente
2. Las funciones que estas instituciones realizan con estas técnicas son:
 - Georeferenciación
 - Bases de datos
 - Muestreos y censos
 - Elaboración de mapas y catastros
 - Evaluación de recursos
 - Modelamientos
 - Elaboración de atlas
 - Análisis físico, ambiental y socio-económico
3. El personal que trabaja con estas tecnologías tiene un nivel académico de:
 - Doctores: 6%
 - De estudios superiores: 48% a más
 - De grado medio: 32% a más
 - Formación autodidacta: 15%

4. En general, el personal experto ha sido:
 - Difícil de encontrar: 71%
 - Relativamente fácil de encontrar: 21%
 - No opina: 7%
5. La formación y entrenamiento del personal obedece a:
 - Principalmente a la enseñanza de universidades e institutos: 29%
 - En segundo lugar formación autodidacta: 29%
 - Y en tercer lugar consultoría externa: 7%
6. Como temas necesarios en la formación del personal se tiene el siguiente listado con su respectivo porcentaje de valoración según la muestra:

SIG	43%
Manejo de software	43%
Teledetección	36%
Programación	21%
Informática	14%
Manejo de base de datos	14%
Análisis espacial	14%
Geodesia	14%
Análisis de datos socio económicos	14%
Aplicaciones multidisciplinarias	7%
Desarrollo de modelos	7%
Segmentación dinámica	7%
Modelamiento matemático	7%

7. Los temas considerados como más importantes para la empresa/institución o para incluir en un curso de postgrado son los siguientes según el porcentaje de adhesiones:
8. Sin embargo la formación que mayormente es exigida por la muestra corresponde a:
 - Ejercicios prácticos: el 86% lo consideró como el más importante
 - Explicaciones teóricas (enseñanza presencial) y proyectos de empresas: el 43% los consideró como la segunda opción más importante
 - La enseñanza a distancia fue considerada como una segunda opción por el 29% de la muestra
9. Finalmente frente al entorno del equipamiento que sería el más adecuado se tiene:
 - Estaciones de trabajo con WINDOWS NT: el 43% lo considera como el más adecuado
 - Microordenadores con programas WINDOWS NT: el 29% lo considera como el segundo más adecuado
 - Estaciones de trabajo UNIX: 24% lo considera como el tercero más adecuado como equipo.

	Para su empresa / institución (%)	Para incluir en un postgrado (%)
Conocimientos de geografía	43	14
Conocimientos de informática	21	7
Programación de ordenadores	14	
Matemáticas		
Geodesia y topografía	14	21
Ordenación del territorio	29	7
Organización de proyectos	29	14
Economía y ciencia empresarial		
Métodos de entrada de datos: uso de tabletas de digitalización, de vectorización automática, etc	36	21
Cartografía asistida por ordenador	43	14
Métodos de análisis de un SIG raster	29	29
Métodos de análisis de un SIG vectorial	36	21
Creación y análisis de un Modelo Digital de Terreno (MDT)	36	21
Análisis visual de imágenes y fotointerpretación	36	21
Fotogrametría	21	21
Análisis digital de imágenes satélite	36	21
Espectroscopia de campo	14	14
Cartografía temática	50	21
Diseño cartográfico	36	14
Gestión de bases de datos	21	29
Manejo de recursos	7	7
Análisis de procesos geodinámicos	7	
Análisis de procesos socio económicos	7	
Entrenamiento y administración del programa ARC/INFO	43	21
Entrenamiento y administración del programa IDRISI FOR WINDOWS	29	14
Entrenamiento y administración del programa ERDAS	29	14
Entrenamiento y administración del programa PCI	36	14
Arc View, PAMAP	7	7
Software educativo	7	7
ORACLE	7	

ANEXO 2

Metodología del mapa de riesgos naturales

El mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de peligros naturales, aquí denominado "MAPA DE RIESGOS NATURALES", fue elaborado basándose en criterios propuestos para la planificación ecológica (Tariet, 1985). El método consiste en la recomposición del medio natural mediante la agregación de mapas temáticos con el propósito de identificar áreas susceptibles a distintos peligros naturales.

Los peligros naturales se refieren a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos u originados por fuego que, por razón del lugar que ocurren, su severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a los seres humanos, sus estructuras o actividades (OEA, 1994).

A consecuencia del Fenómeno El Niño, se han analizado los peligros naturales provocados por el incremento de la precipitación y de la acción erosiva de las olas en la costa peruana. Así, los riesgos naturales estudiados fueron los de inundación, huaycos, deslizamientos y maretaños. Del análisis, se generaron mapas de riesgos naturales, cuyo procedimiento constó de las siguientes etapas:

1. Mapas temáticos: Geomorfología, Pendiente, y Cobertura Vegetal.
2. Se analizaron las unidades correspondientes a cada mapa en cuanto al grado de susceptibilidad a los riesgos naturales considerados (ver cuadros nº 1, 2 y 3), evaluándolos con una nota numérica (1 a 5). Se consideró el de mayor grado de susceptibilidad a determinado riesgo natural aquella unidad que obtuvo la nota máxima o viceversa.
3. Se superpuso los tres mapas temáticos clasificados según la susceptibilidad a los riesgos o peligros naturales, lo que dió como resultado un nuevo mapa temático cuyas unidades expresan las distintas combinaciones de grados de susceptibilidades a los riesgos naturales.
4. El mapa de riesgos o peligros naturales se obtuvo identificando y cartografiando todos aquellos sectores cuya combinación ha coincidido con la nota máxima frente a determinado riesgo.

GEOMORFOLOGÍA

Se ha tomado como base para la interpretación geomorfológica la Carta Nacional 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional, complementada en las regiones litorales con las cartas náuticas de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Para las formaciones sedimentarias del Cuaternario se ha tenido principalmente en cuenta la información recogida de la Carta Geológica Nacional 1:100,000 del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (o de sus instituciones antecesoras). Para los aspectos de geodinámica externa se ha completado la información con la contenida en los informes correspondientes del citado Instituto Geológico. El trazado de la red hidrográfica en las zonas de llanura, así como la corrección y actualización de algunos detalles de la geomorfología se realizaron basándose en las imágenes del satélite LANDSAT TM, banda 7, al 1:100,000, de setiembre de 1997. Las unidades geomorfológicas fueron analizadas de acuerdo con su susceptibilidad frente a los riesgos considerados, como se presenta en el cuadro N°1.

Cuadro 1. Susceptibilidad de las unidades geomorfológicas a los riesgos naturales.

GEOMORFOLOGÍA			RIESGOS (pesos)			
No.	unidad	código	maretazo	inundación	huaycos	deslizamientos
1	Llanura Aluvial Ant.	LIAA	1	3	3	3
2	Llanura Aluvial Rec.	LIAR	1	5	4	3
3	Tablazo	Tb	1	3	1	1
4	Tierras Malas	TM	1	3	2	3
5	Pantano	P	1	5	1	1
6	Playa Antigua	PA	2	2	2	2
7	Playa Reciente	PR	5	1	2	2
8	Dep. Eólico Antiguo	DEA	1	2	2	2
9	Dep. Eólico Reciente	DER	1	1	1	1
10	Acantilado	Ac	2	1	1	5
11	Depresión	De	1	4	1	1
12	Cerros Islas y Estrib.	CI	1	1	3	3
13	Cabecera de Quebradas	Q	1	1	5	4
14	Cono de Quebrada	CoQ	1	2	5	3
15	Ladera de Valle	LV	1	1	2	4
16	Lago	La	1	5	2	3
17	Meseta	M	1	3	1	2
18	Llanura Lacustre	LIL	1	5	1	1
19	Llanura Deltaica Ant.	LIDA	1	4	1	1
20	Llanura Deltaica Rec.	LIDR	5	5	1	1
21	Bofedales	B	1	5	1	1
22	Depósitos Murráinicos	DM	1	1	3	1
23	Cumbres Nevadas	CN	1	1	4	5

Ant. = Antigua Rec. = Reciente Estrib. = Estribaciones

Significado de los pesos a los riesgos naturales:

- 1 – valor mínimo: muy poco susceptible a los riesgos naturales
- 2 – poco susceptible
- 3 – moderadamente susceptible
- 4 – susceptible
- 5 – valor máximo: muy susceptible a los riesgos naturales

Significado de los pesos a los riesgos naturales:

- 1. valor mínimo: muy poco susceptible a los riesgos naturales.
- 2. poco susceptible.
- 3. moderadamente susceptible.
- 4. susceptible.
- 5. valor máximo: muy susceptible a los riesgos naturales.

PENDIENTES

La carta de pendientes fue elaborada a partir de la interpolación de las curvas de niveles tomadas de la Carta Topográfica 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional. Para ello se utilizó el Sistema de Información Geográfico IDRISI 1.0 versión para Windows. Los rangos de pendientes considerados, bien como el peso de cada clase de pendiente frente a los riesgos naturales, fueron establecidos en base a informaciones extraídas de los estudios geodinámicos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), y se presenta en el cuadro N°2.

Significado geodinámico de las clases de pendientes:

- Clase 1* – alta susceptibilidad a la inundación
- Clase 2* – baja susceptibilidad a la inundación; clase de transición al predominio de la erosión hídrica (escorrentía)
- Clase 3* – umbral límite de la ocurrencia de huaycos
- Clase 4* – alta susceptibilidad a la ocurrencia de huaycos
- Clase 5* – umbral límite de la ocurrencia de deslizamientos
- Clase 6* – alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos; baja susceptibilidad a los huaycos

COBERTURA VEGETAL

Se elaboró un mapa de cobertura vegetal a partir del procesamiento de las imágenes satelitales LANDSAT TM. Para ello se efectuó una composición entre las bandas 3 y 4 (4-3/4+3), utilizándose el Sistema de Información Geográfico IDRISI 1.0 versión para Windows. Las clases de cobertura vegetal consideradas, así como el peso de cada clase frente a los riesgos naturales se presenta en el cuadro N°3.

Significado de los pesos a los riesgos naturales:

Grado de protección del suelo a los riesgos de huaycos y deslizamientos

- 1. valor mínimo: muy poco susceptible a los riesgos naturales.
- 2. poco susceptible.
- 3. moderadamente susceptible.
- 4. susceptible.
- 5. valor máximo: muy susceptible a los riesgos naturales.

Debido a problemas de orden técnico, esta metodología solo se pudo aplicar en su totalidad para las Cartas Nacionales de Zorritos (8-b), Tumbes (8-c), Lobitos (9-a), Quebrada Seca (9-b), Las Playas (9-c), La Tina (9-d), Talara (10-a), Sullana (10-

Cuadro 2. Clases de pendientes y susceptibilidad a los riesgos naturales.

N° clases	Rangos	Riesgos Naturales		
		Inundación	huaycos	deslizamiento
1	0° - 2.9°	5	1	1
2	3.0° - 9.9°	4	2	2
3	10.0° - 19.9°	3	5	3
4	20.0° - 29.9°	2	5	4
5	30.0° - 39.9°	1	5	5
6	> 40.0°	1	4	5

b), Paita (11-a), Piura (11-b), Chulucanas (11-c), Bayóvar (12-a), Sechura (12-b), La Redonda (12-c), Las Salinas (13-c), Jayanca (3-d), Morrope (14-c) y Chiclayo (14-d), debido a que para éstas se disponía la información de pendientes y vegetación. Para las Cartas Nacionales restantes, en número de 28, los mapas de riesgos naturales fueron elaborados a partir del mapa geomorfológico, considerando exclusivamente la clasificación de susceptibilidad a los riesgos presentados en el cuadro n° 1.

Cuadro 3. Clases de cobertura vegetal y susceptibilidad a los riesgos naturales

N° de clases	Cobertura Vegetal	Riesgos (pesos)
1	suelo desnudo	5
2	rala	4
3	moderada	3
4	densa	2
5	muy densa	1