



EVALUACIÓN GEOESPACIAL MULTICRITERIO BASADA EN DATOS HISTÓRICOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR CICLONES TROPICALES

Dr. Silvio V. Rodríguez Hernández, silvior@uct.geocuba.cu

GEOCUBA Investigación y Consultoría, Cuba

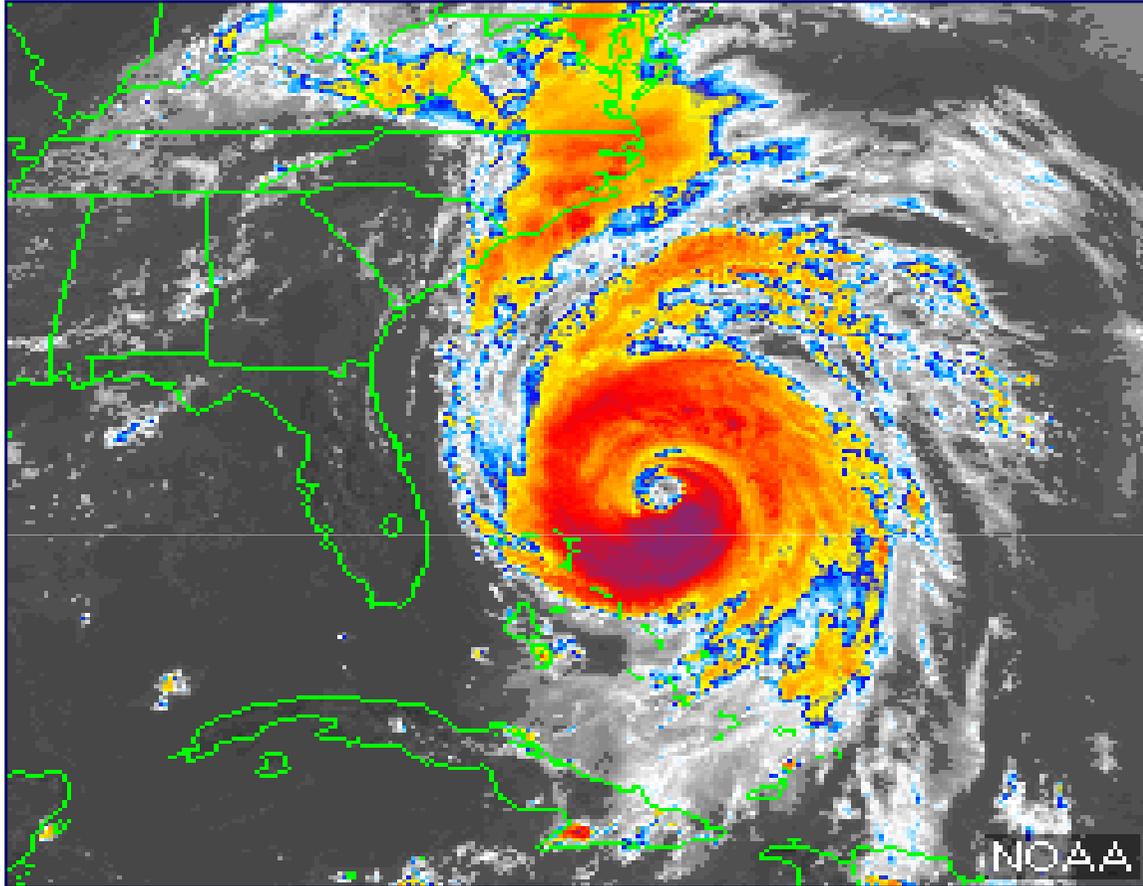
Dra. Tatiana Delgado Fernández, tdelgado@ind.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE, Cuba)

LAGF 2014 – 24 de Septiembre 2014

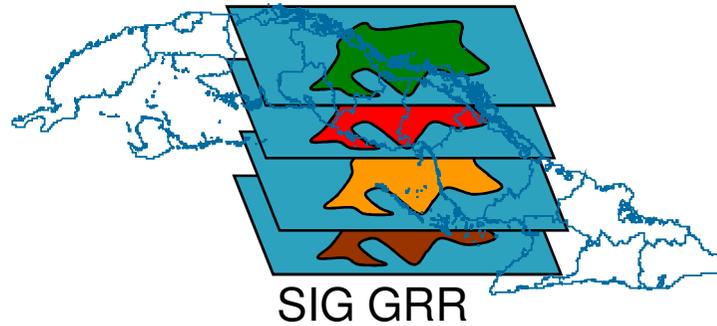
Ciudad de México

INTRODUCCIÓN



La gestión de riesgos de desastres tiene que partir necesariamente de la apreciación y análisis del peligro y la identificación de las vulnerabilidades, con vistas a estimar los riesgos, como resultado de la combinación de los dos primeros. *(Serrano, 2010)*

INTRODUCCIÓN



Aporte de **información geoespacial diversa y voluminosa:**

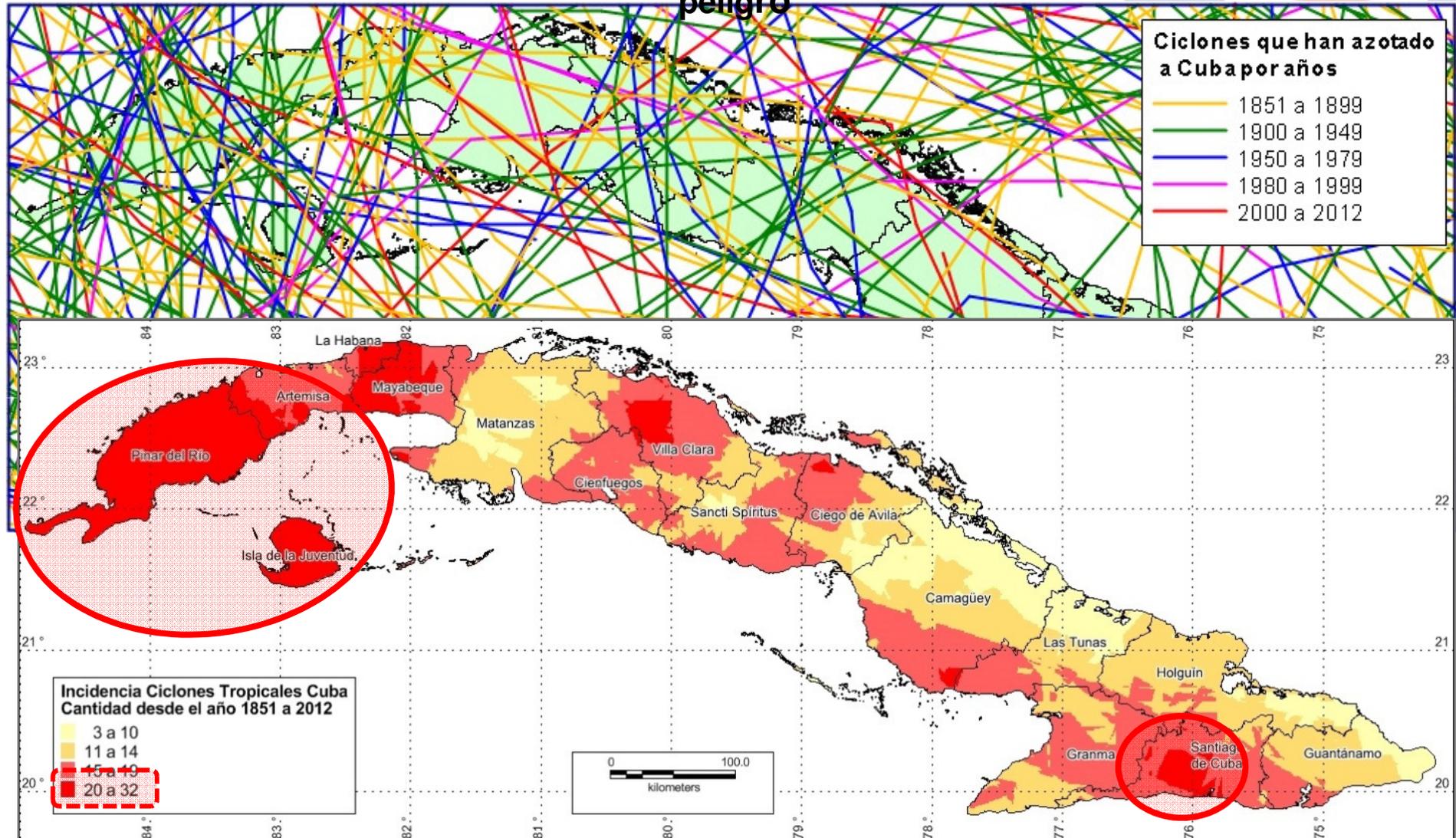
- Estudios geográficos y de PVR.
- Imágenes satelitales y materiales cartográficos temáticos..
- Bases de datos sobre vulnerabilidad, entre otros.

Gestión de Información
n



INTRODUCCIÓN

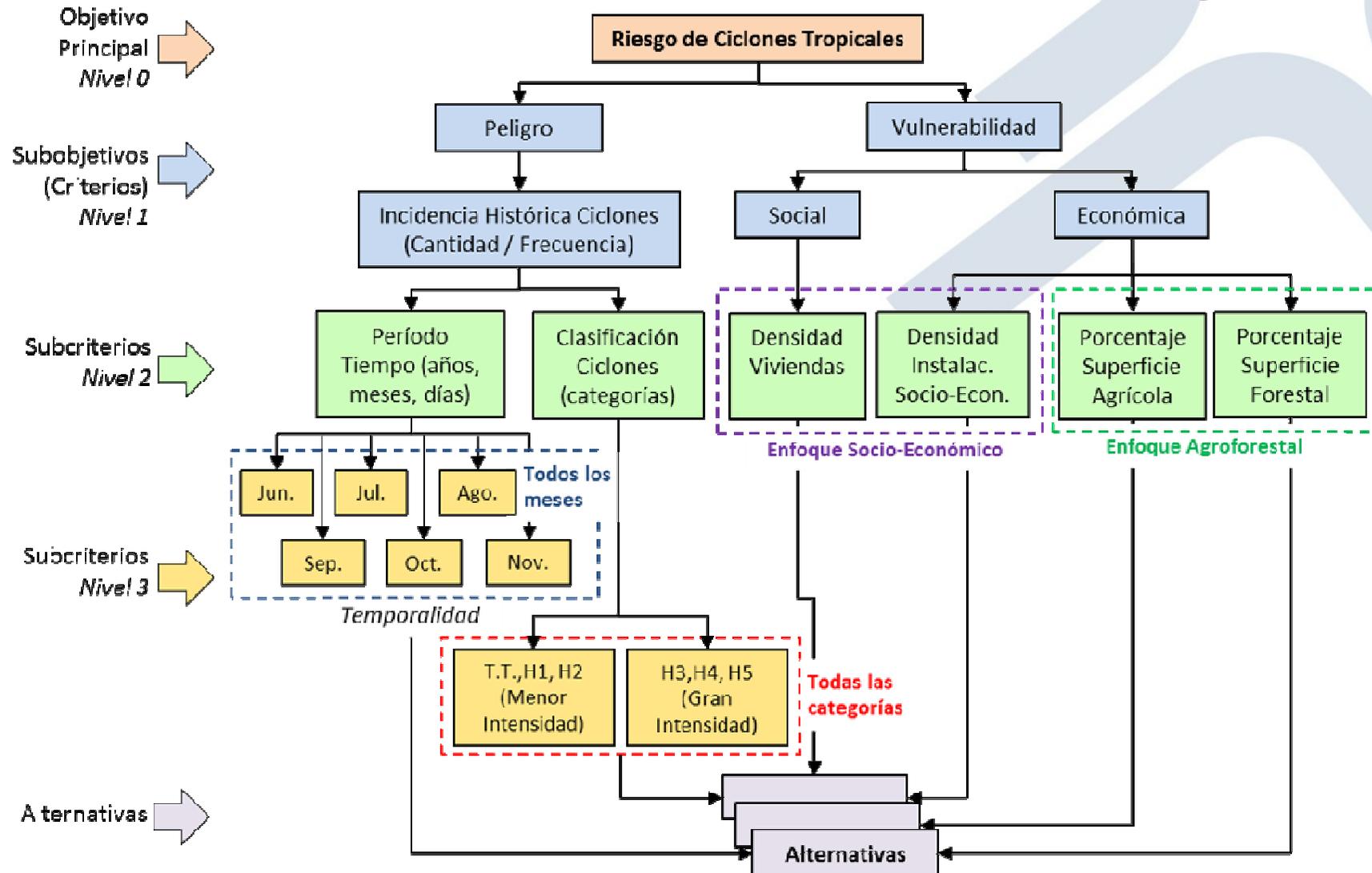
Los datos históricos de los ciclones como un indicador de peligro



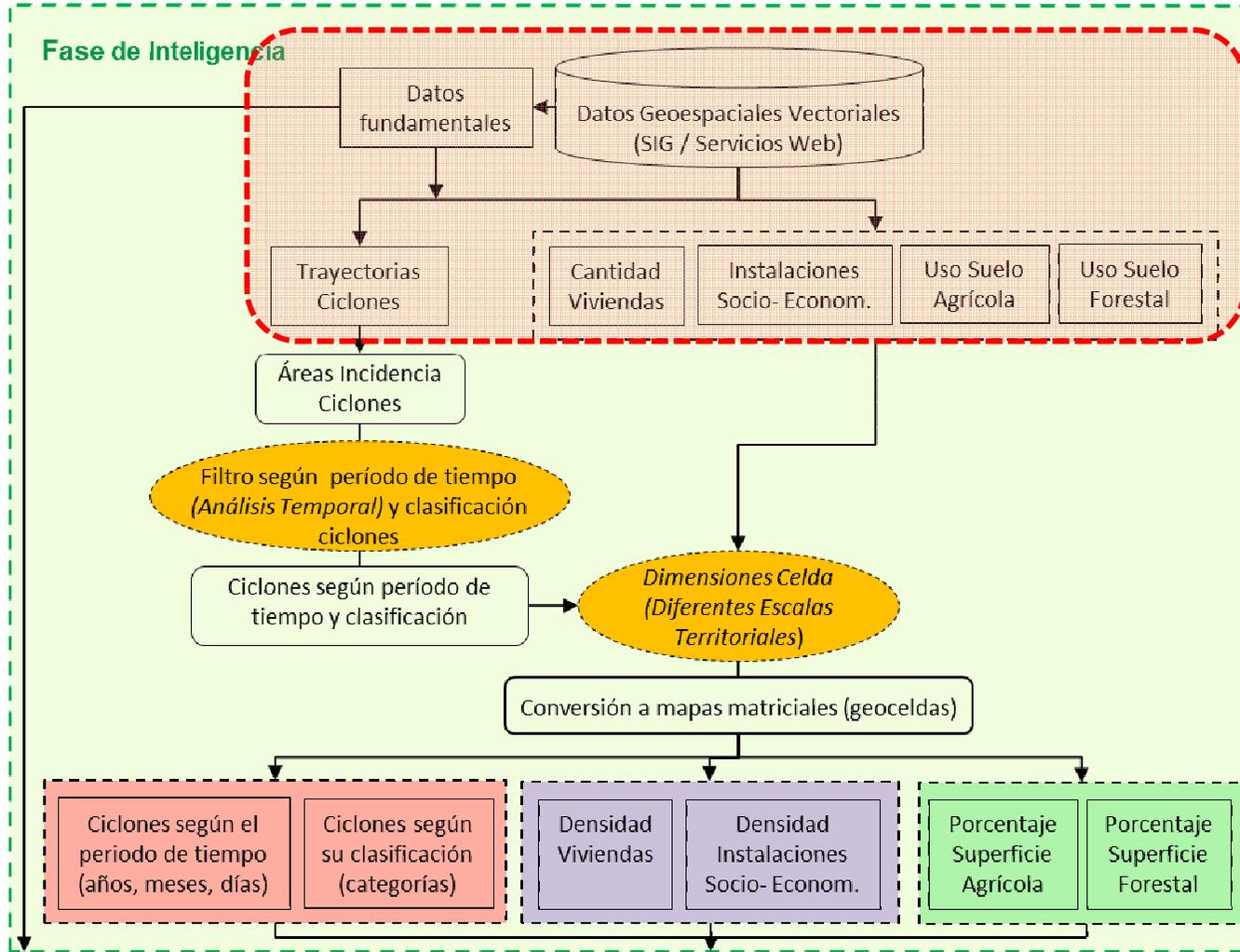
MÉTODO PROPUESTO

“GeoCelda-MC-Riesgo”

Fase de Inteligencia: 1ro. Descomposición del problema de decisión en Objetivo, Criterios y Alternativas.

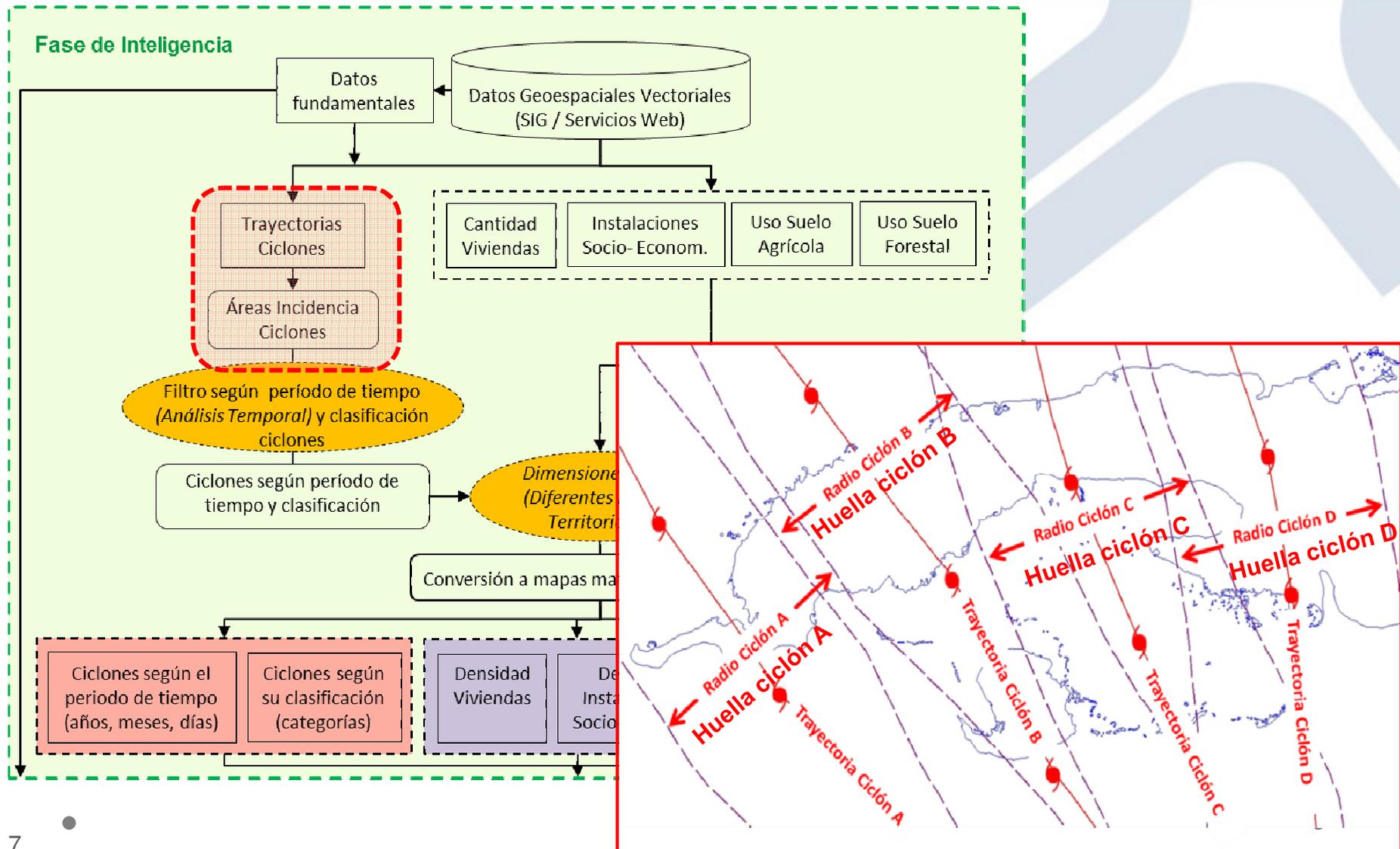


Datos geoespaciales iniciales

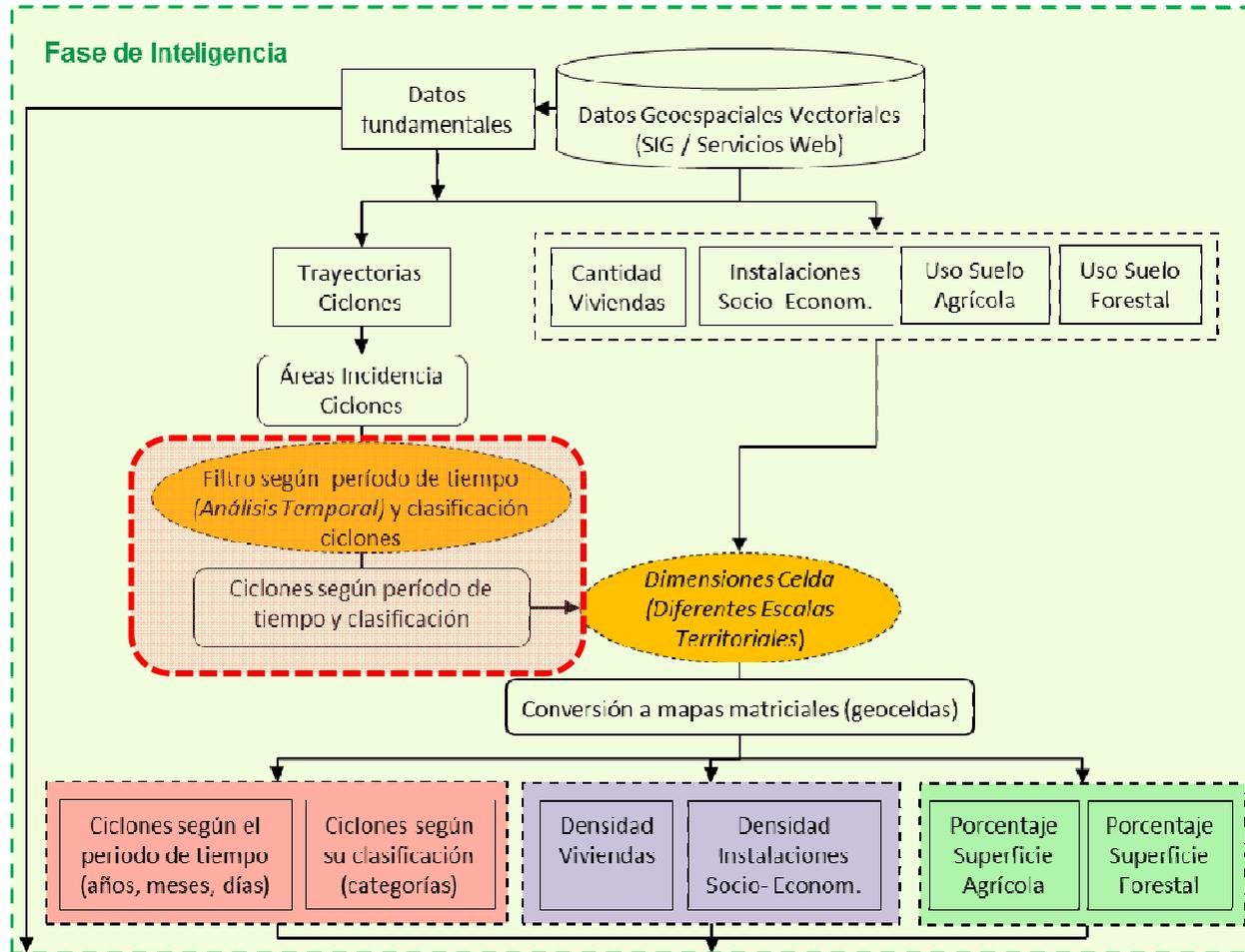


- Datos fundamentales (límites administrativos).
- Trayectorias de ciclones.
- Cantidad de viviendas por asentamientos poblacionales.
- Instalaciones socioeconómicas.
- Uso de suelo agrícola.
- Uso de suelo forestal.

Determinación de la zona de incidencia aproximada de cada ciclón



Filtrado según período de tiempo y clasificación de los ciclones tropicales



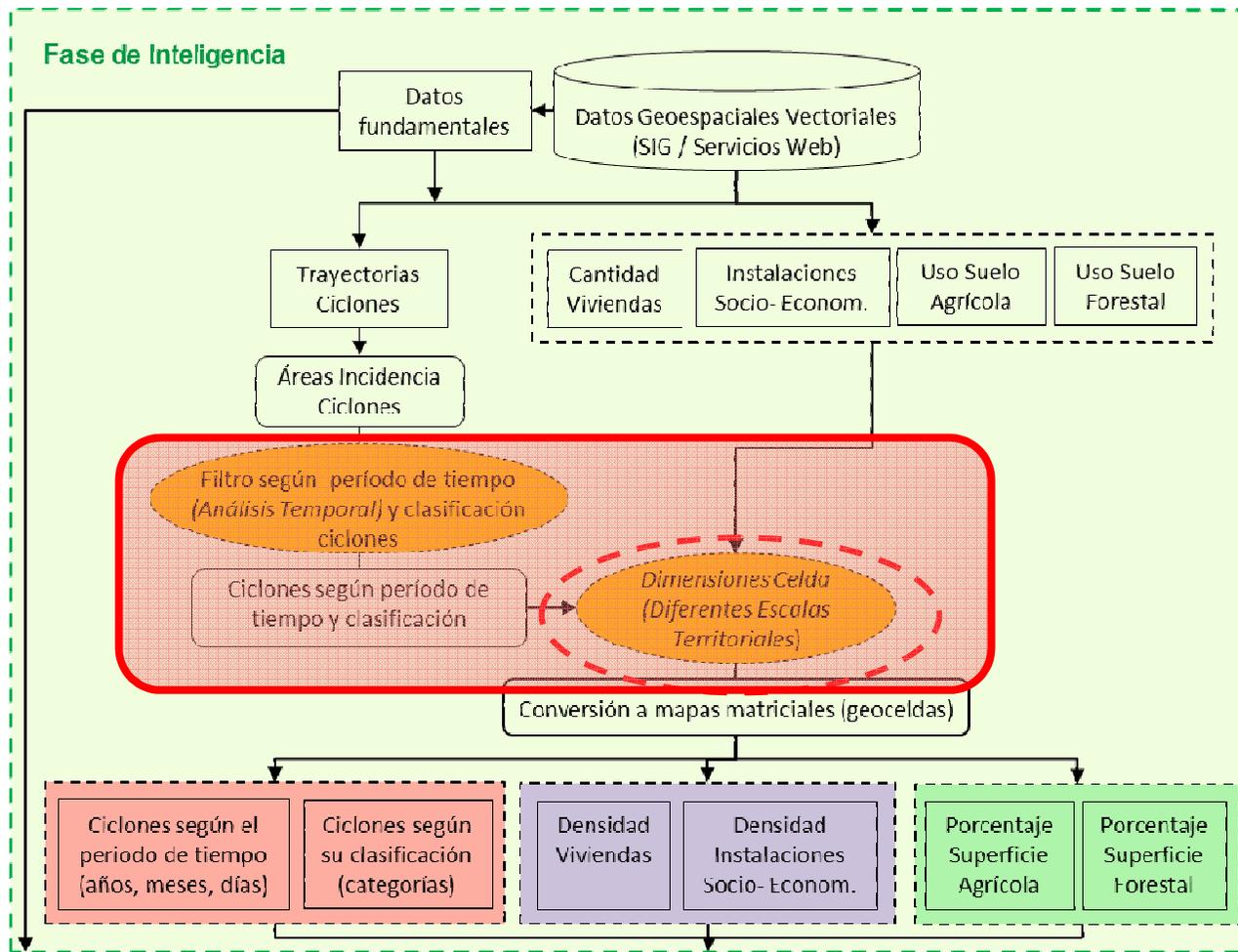
Período de tiempo:

- Todos los meses de la temporada ciclónica.
- Por separado: Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre
- Grupos de meses, días, años.

Clasificación de los ciclones:

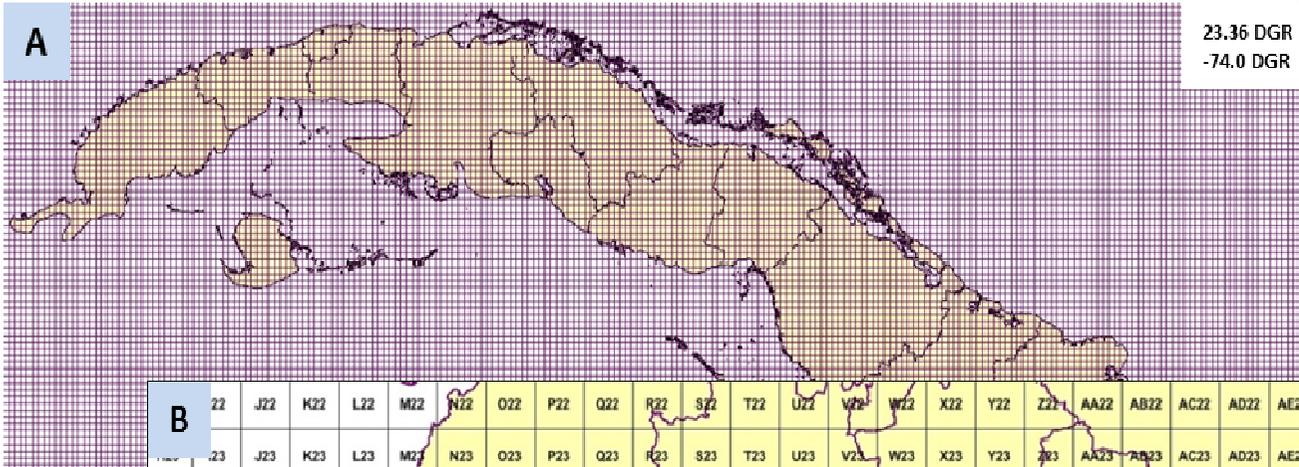
- Tormenta tropical y huracanes categoría 1, 2, 3, 4, 5.
- Se determina el modo de trabajo:
 - (i) todas las categorías,
 - (ii) categorías independientes,
 - (iii) agrupadas por su intensidad en mayor y menor.

Cuadrícula geoespacial: GeoCeldas



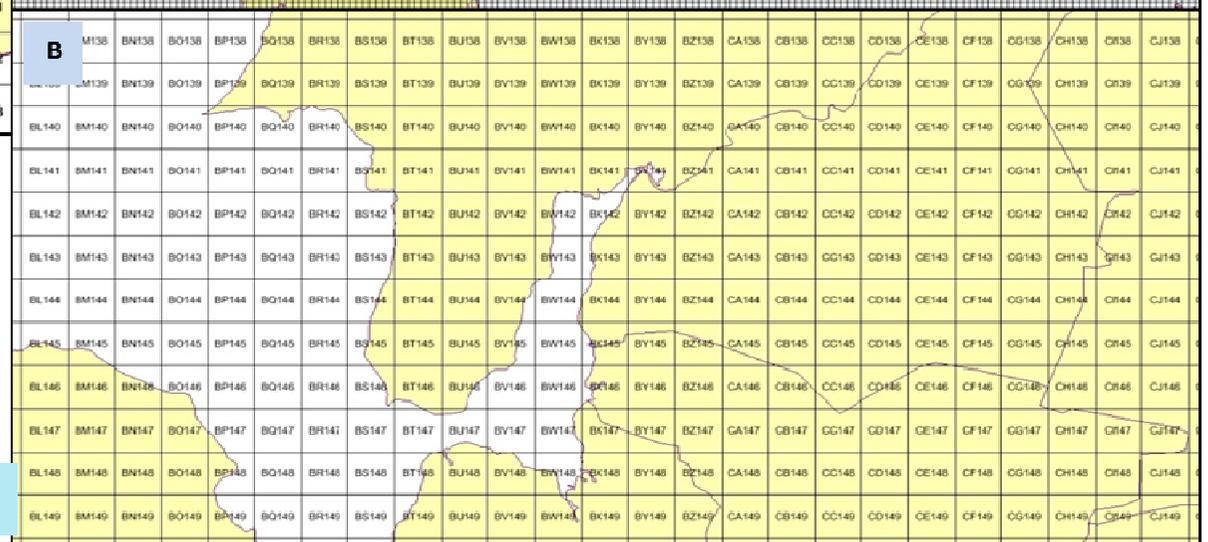
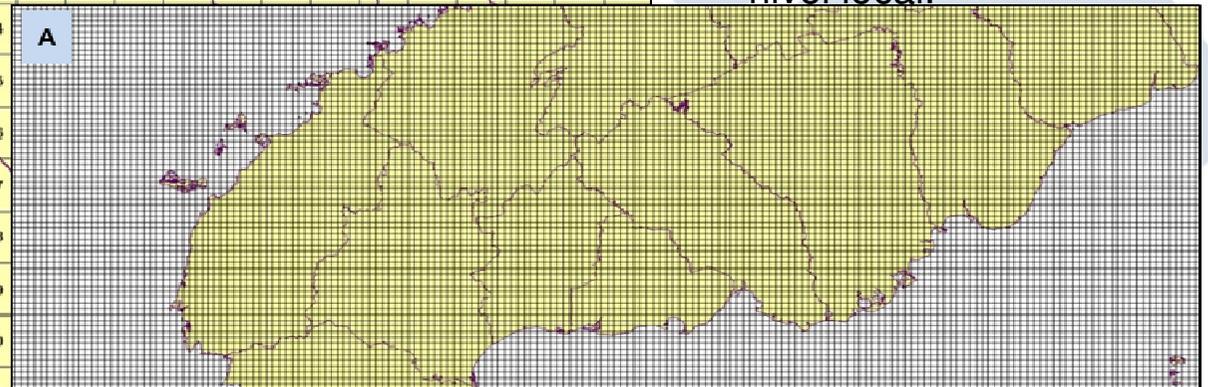
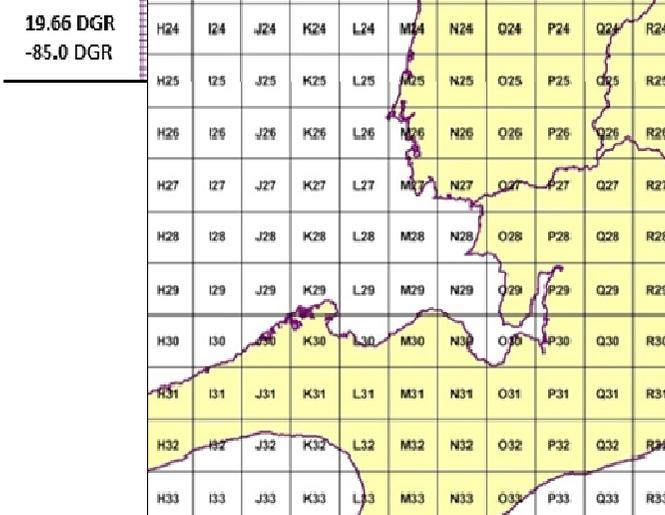
Necesidad cuadrícula geoespacial o red de Geoceldas:

1. Convertir a formato ráster los polígonos superpuestos de la BDG de incidencia de ciclones y poder efectuar análisis geoespacial y **E-MC**.
2. Unificar todas las BDG para la representación homogénea de los criterios de decisión durante la **E-MC**.



Variantes de redes de Geoceldas establecidas:

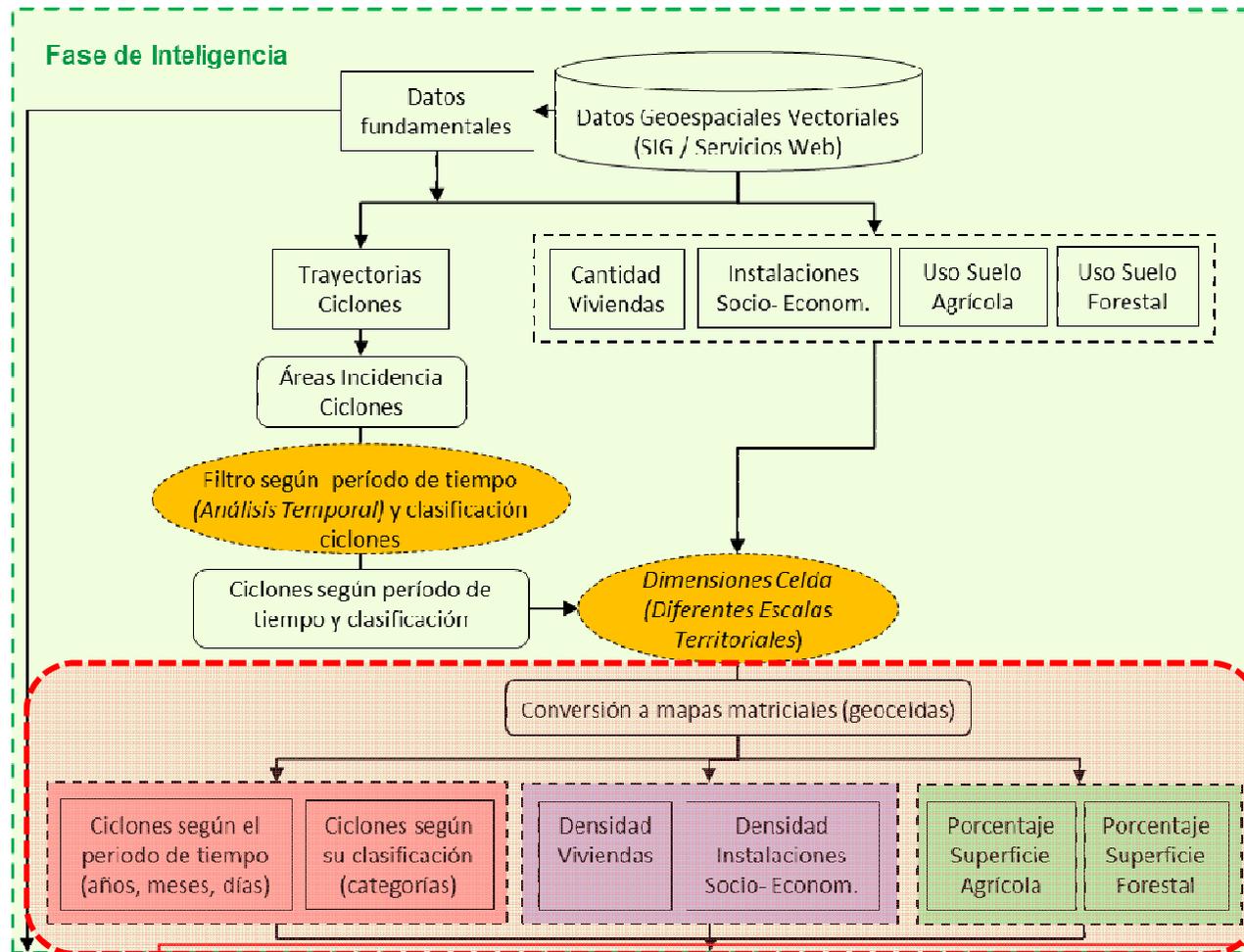
- (i) 5 x 5 km de lado para el nivel nacional.
- (ii) 1 x 1 km de lado para los niveles nacional y local.
- (iii) 0.5 x 0.5 km para el nivel local.



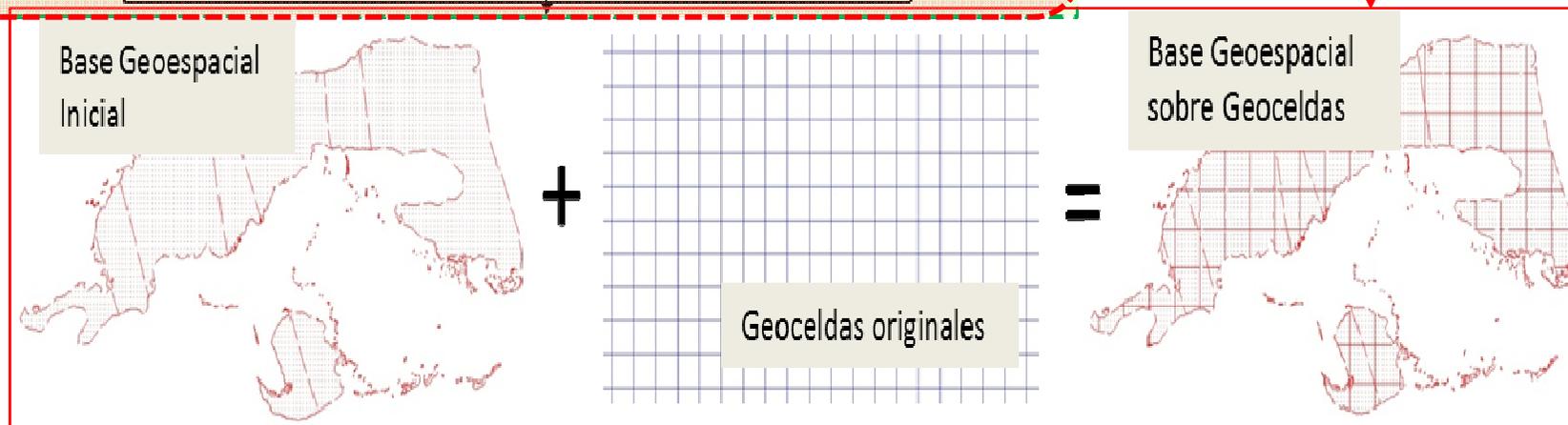
5 x 5 km

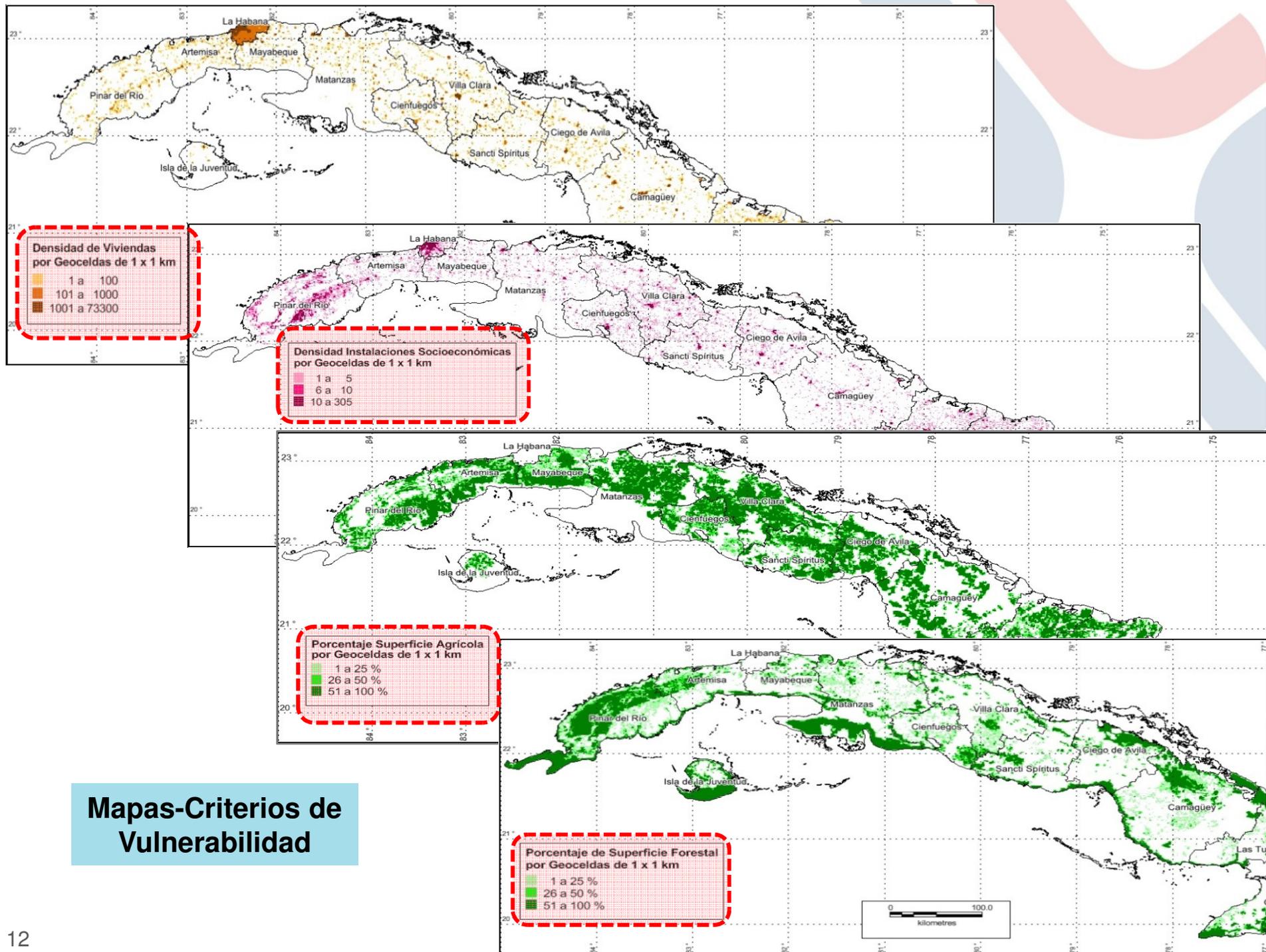
1 x 1 km

Conversión a mapas matriciales



Vinculación de las BDG iniciales a las geoceldas mediante análisis geoespacial para la obtención de las BDG por criterios o **mapas criterio**





Mapas-Criterios de Vulnerabilidad

Fase de Diseño

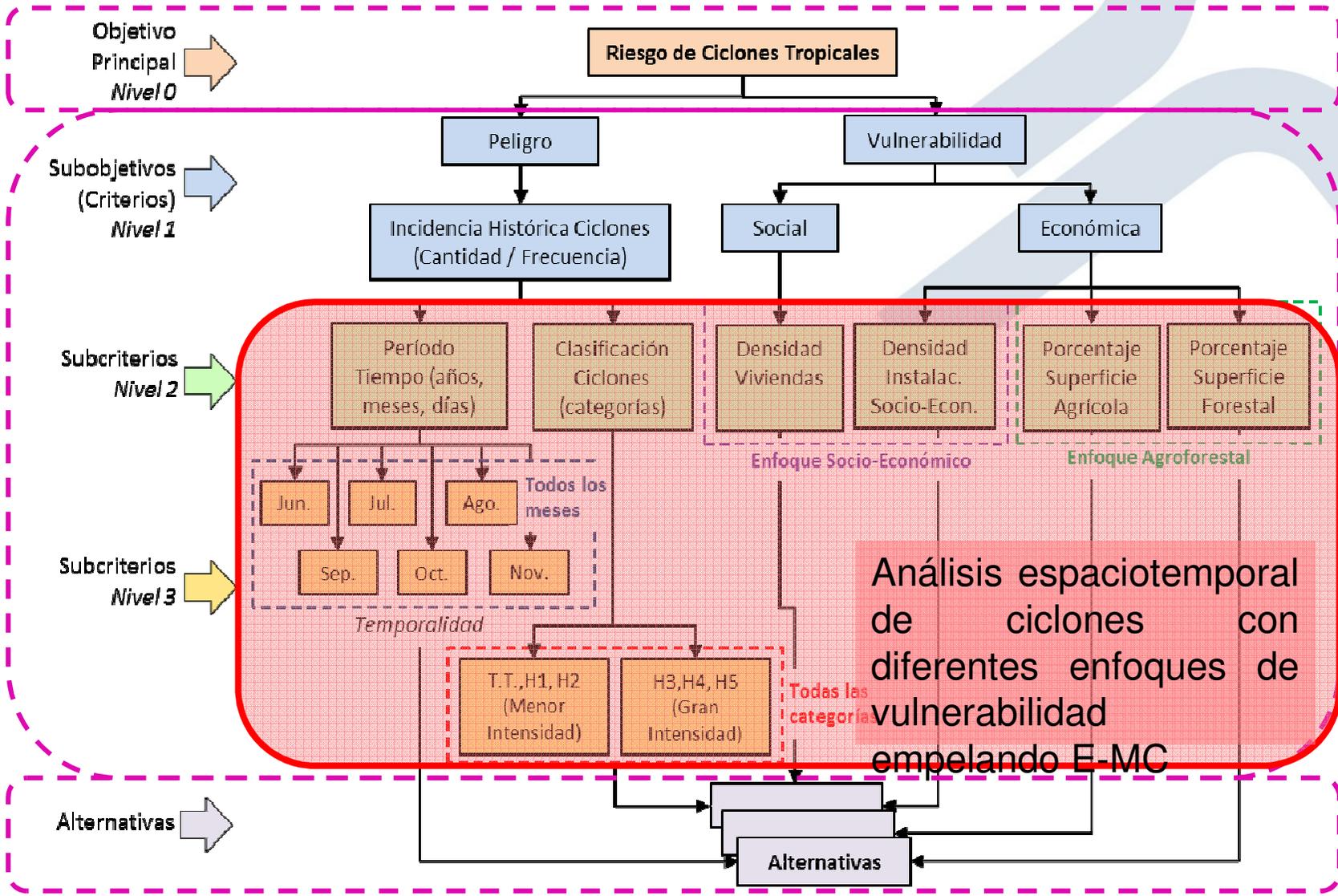
Evaluación Multicriterio:

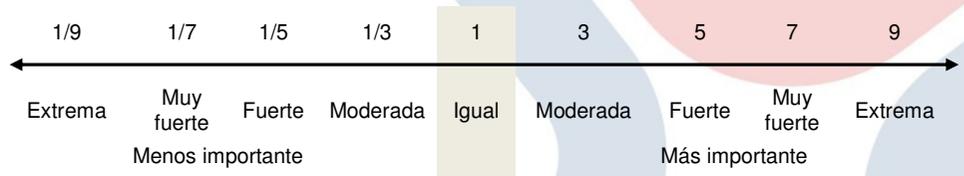
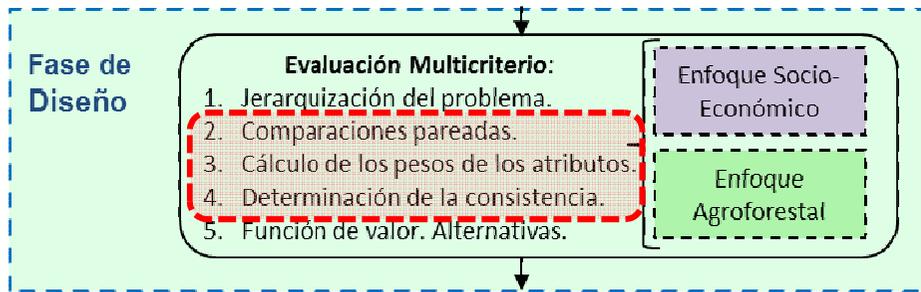
1. Jerarquización del problema.
2. Comparaciones pareadas.
3. Cálculo de los pesos de los atributos.
4. Determinación de la consistencia.
5. Función de valor. Alternativas.

Enfoque Socio-Económico

Enfoque Agroforestal

Proceso Analítico Jerárquico (AHP): Se basa en la descomposición, juicio comparativo y síntesis de las prioridades del problema de decisión que se descompone en una jerarquía con sus elementos esenciales: meta u objetivo, criterios y alternativas. (Saaty, 2008)





2 *Escala numérica de Saaty*

2

Criterios	Crit. Pelig.	Crit.1 Vulne. Enf.Priori	Crit.2 Vulne. Enf.Priori	Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori	Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori
Crit. Peligro	1	3	5	7	9
Crit.1 Vulne. Enf.Priori	0,33	1	3	5	7
Crit.2 Vulne. Enf.Priori	0,2	0,33	1	3	5
Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori	0,14	0,2	0,33	1	3
Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori	0,11	0,14	0,2	0,33	1
Suma	1,79	4,68	9,53	16,33	25

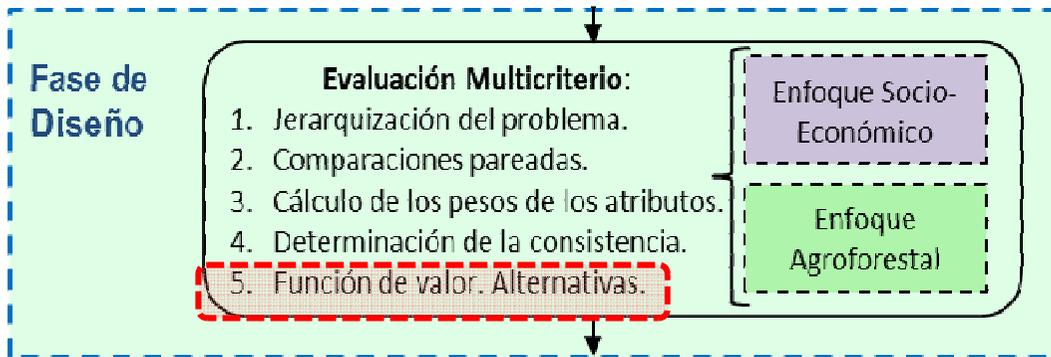
3

Criterios	Crit. Pelig.	Crit.1 Vulne. Enf.Priori	Crit.2 Vulne. Enf.Priori	Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori	Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori	Ponderación (peso)
Crit. Peligro	0,56	0,64	0,52	0,43	0,36	0,50
Crit.1 Vulne. Enf.Priori	0,19	0,21	0,32	0,31	0,28	0,26
Crit.2 Vulne. Enf.Priori	0,11	0,07	0,11	0,18	0,20	0,13
Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori	0,08	0,04	0,04	0,06	0,12	0,07
Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
Suma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4

Riesgo Ciclones Tropicales Cuba	Vector de la suma ponderada	Vector de consistencia
Crit. Peligro	2,743	5,455
Crit.1 Vulne. Enf.Priori	1,414	5,432
Crit.2 Vulne. Enf.Priori	0,699	5,204
Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori	0,341	5,030
Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori	0,177	5,093
Suma		26,213

Índice de consistencia = 0.06
Proporción de la consistencia = 0.05, < 0,10 = **Modelo consistente**



Sumatoria lineal ponderada: Consiste en la suma lineal del producto de los pesos ponderados de cada criterio por el valor asignado a las clases que lo integran (peso de cada atributo de la clase). (Lamelas, 2009)

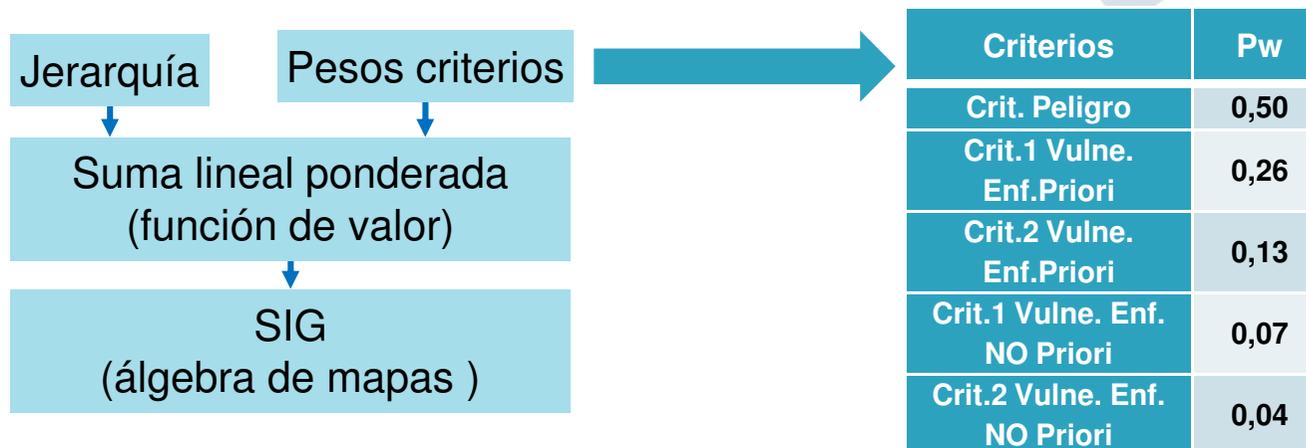
$$S = \sum_{i=1}^n Pw_i * Mr_i$$

Donde:

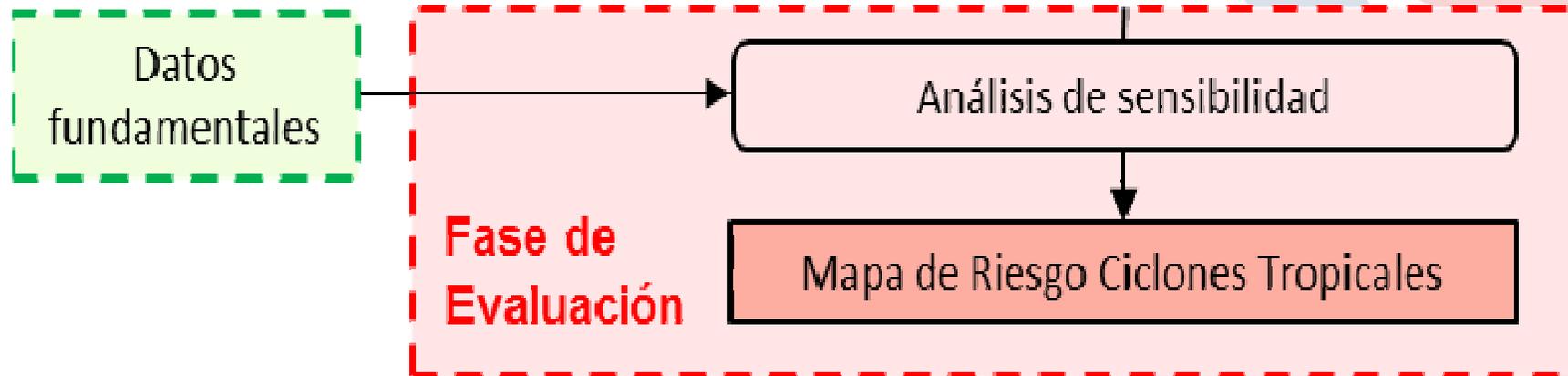
S: Suma de valores

Pw: Peso ponderado de cada criterio *i*

Mr: Mapa ráster numérico de cada criterio *i*

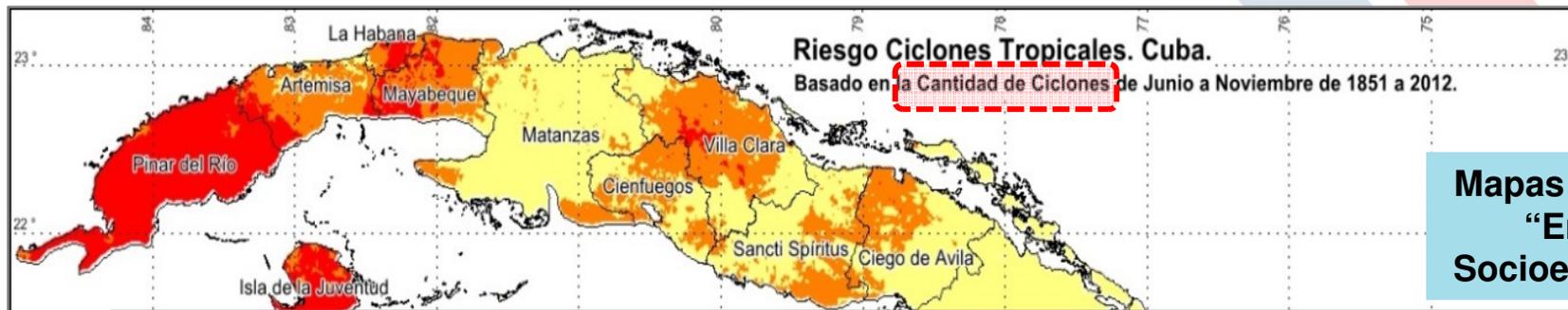


$$S = 0,50 * (Mr Peligro) + 0,26 * (Mr Crit.1 Vulne. Enf.Priori) + 0,13 * (Mr Crit.2 Vulne. Enf.Priori) + 0,07 * (Mr Crit.1 Vulne. Enf. NO Priori) + 0,04 * (Mr Crit.2 Vulne. Enf. NO Priori)$$

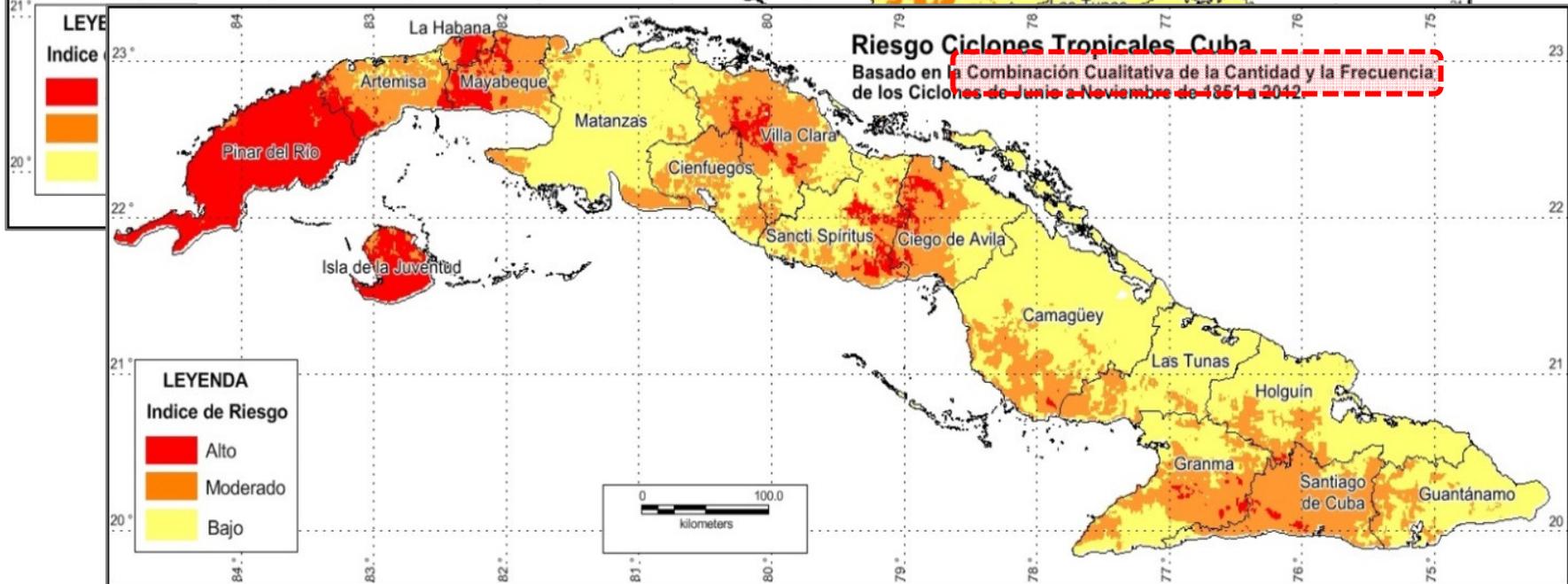
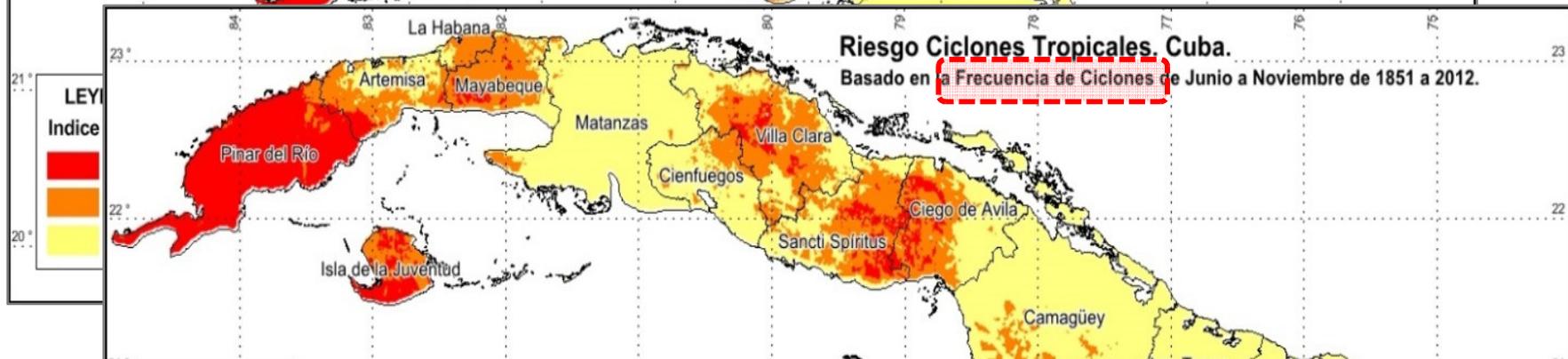


Permite visualizar y analizar la sensibilidad del resultado (ordenación de las alternativas) respecto a posibles cambios en la importancia de los criterios.

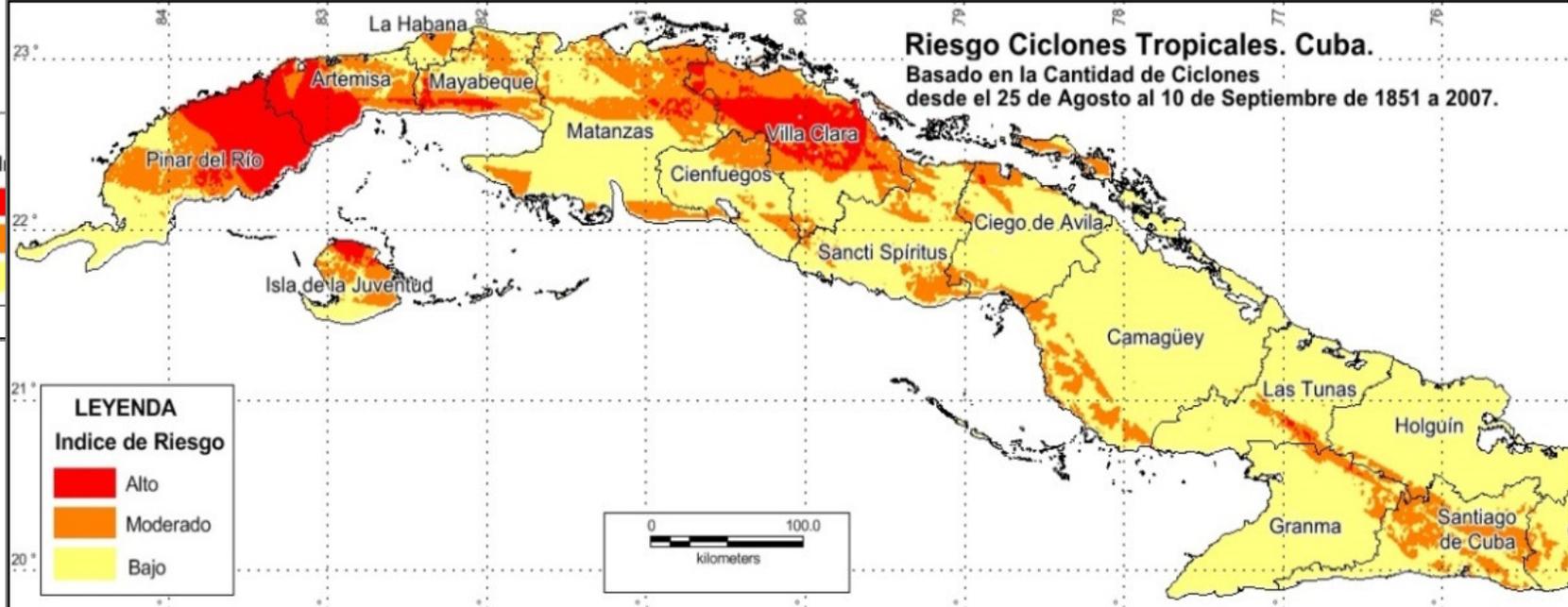
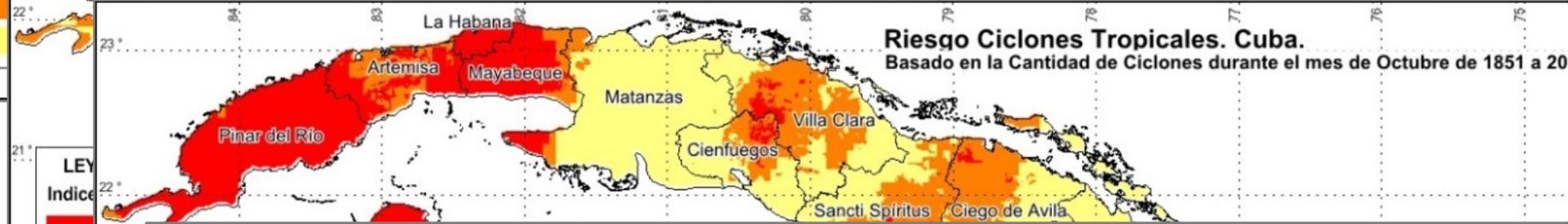
Se conforman los mapas finales con los elementos cartográficos necesarios a partir de los datos fundamentales.

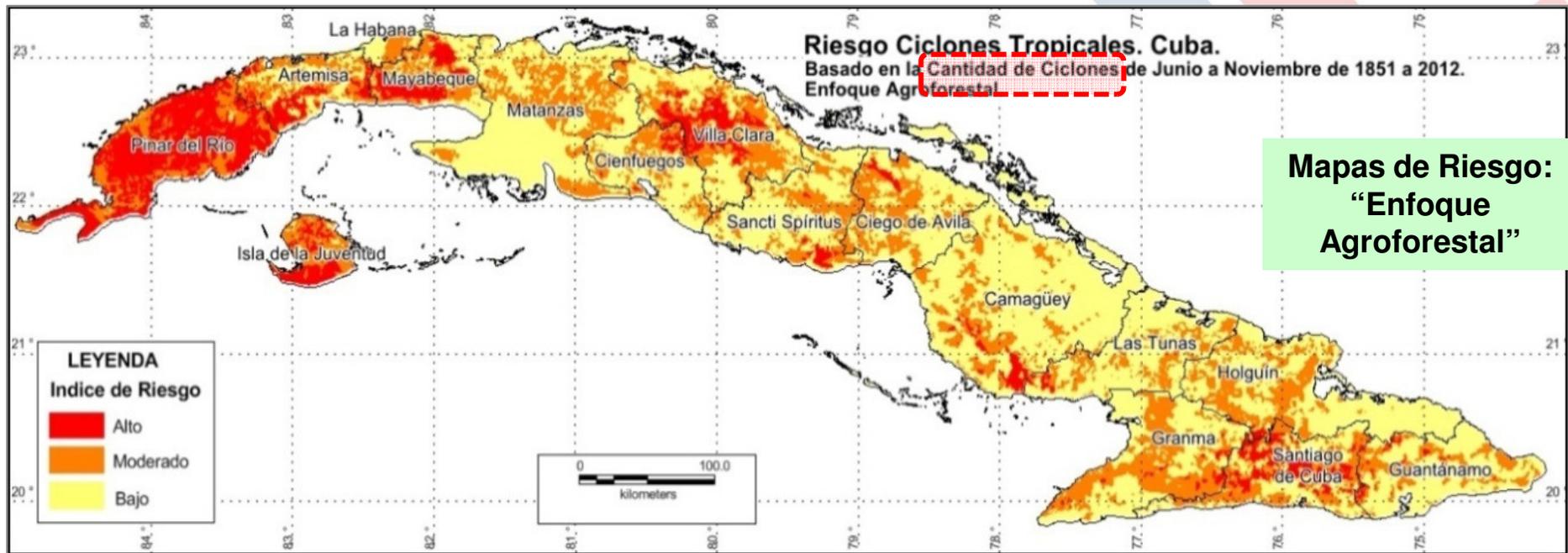


**Mapas de Riesgo:
"Enfoque
Socioeconómico"**

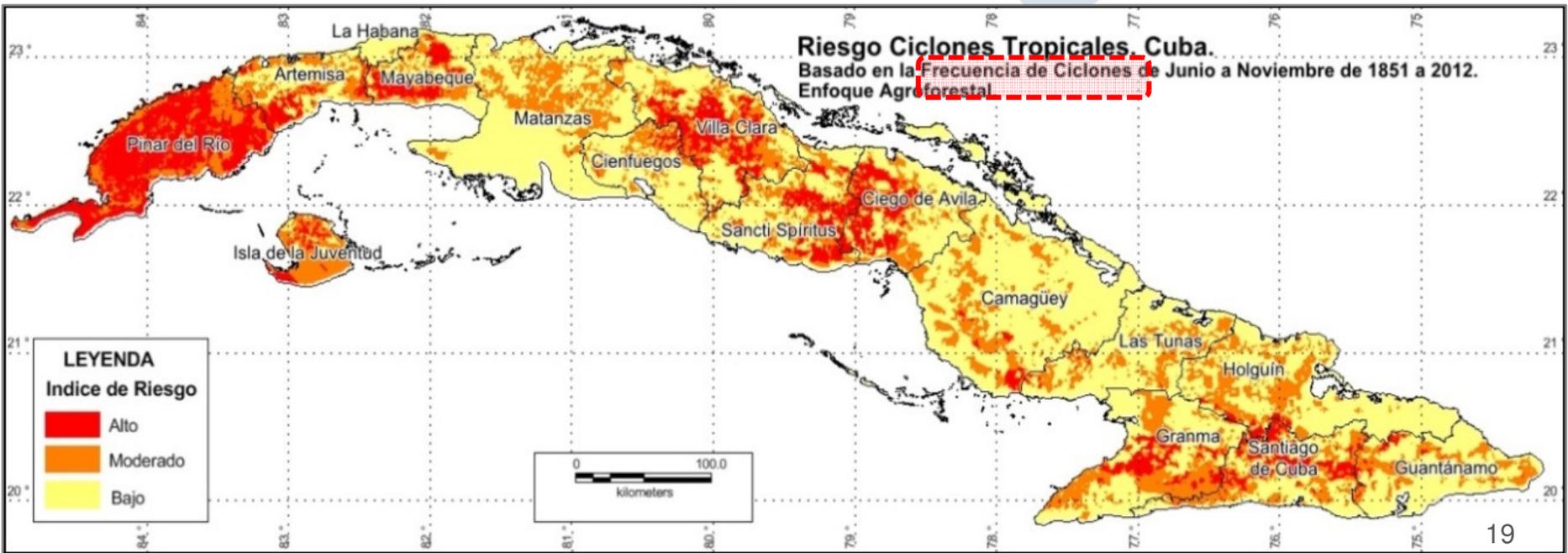


Variantes de mapas de Riesgo por períodos de tiempo (meses)





Mapas de Riesgo:
 “Enfoque
 Agroforestal”



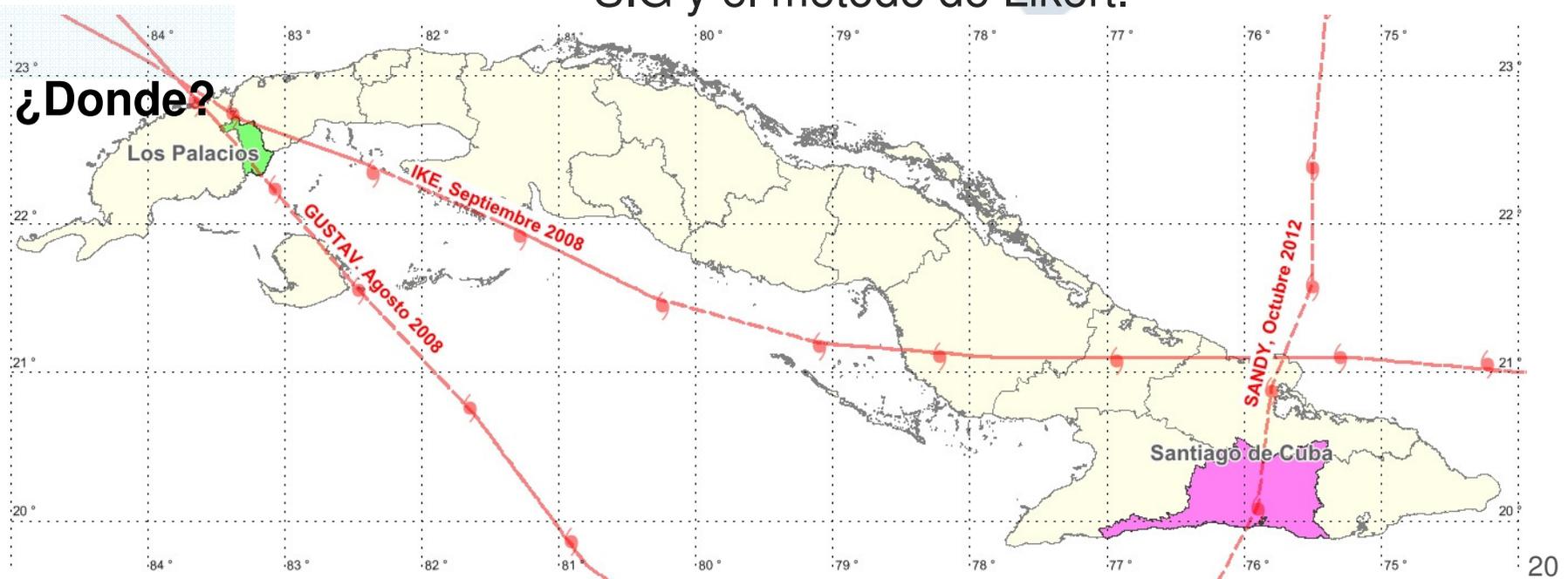
Experimentos: Evaluación de la eficacia

Objetivo

Comprobar la eficacia del método GeoCelda-MC-Riesgo y validar la hipótesis de la tesis.

¿Como?

Comparado el mapa de riesgo de un territorio, previamente obtenido por el método GeoCelda-MC-Riesgo, con el mapa de afectaciones tras el paso de un ciclón tropical, empleando técnicas de análisis vectorial con SIG y el método de Likert.



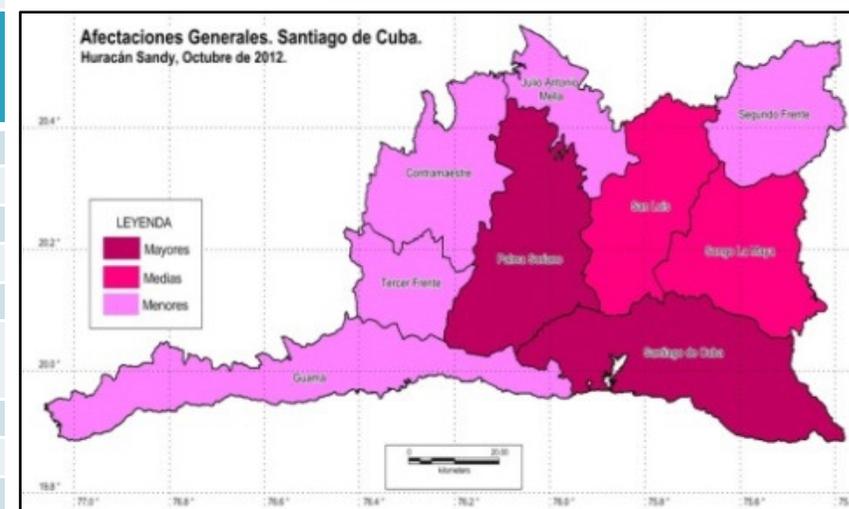
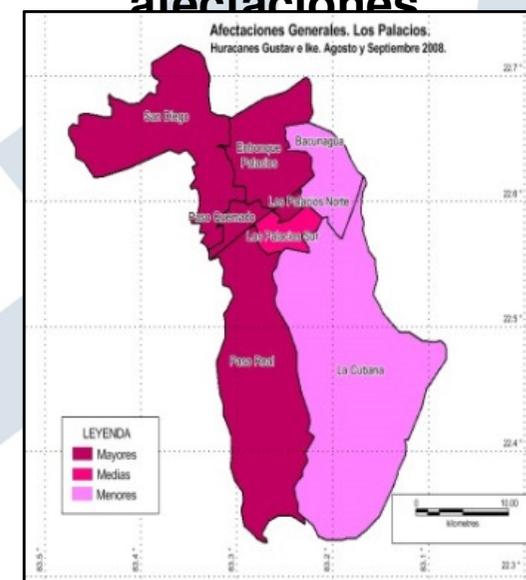
Obtención de los mapas de afectaciones

Afectaciones relacionadas con las variables propuestas en GeoCelda-MC-Riesgo

Consejo Popular	Viviendas afectadas	Instalaciones Soc-Econ. afectadas	Afectaciones Agricultura (ha)	Afectaciones Forestales (ha)
Bacunagua	620	13	0	64
San Diego	1,730	113	160	3,842
Entronque de Palacios	1,069	120	136	247
Paso Quemado	1,197	103	693	10
Los Palacios Sur	1,867	14	0	185
Los Palacios Norte	2,784	22	0	23
Paso Real	1,126	88	1,300	1,139
La Cubana	307	14	646	3.184
Municipio	Viviendas afectadas	Instalaciones Soc-Econ. afectadas	Afectaciones Agricultura (ha)	Afectaciones Forestales (ha)
Guamá	3,608	55	2,564	12
Tercer Frente	5,012	85	3,418	36
Contramaestre	10,821	126	6,836	10
Julio A. Mella	5,516	92	2,991	0
Palma Soriano	24,610	239	6,836	4,119
Santiago de Cuba	81,066	1,725	2,136	1,217
Songo La Maya	19,932	195	8,545	2,418
San Luis	13,991	177	5,982	10,477
Segundo Frente	6,824	104	3,418	1,568

EE-MC

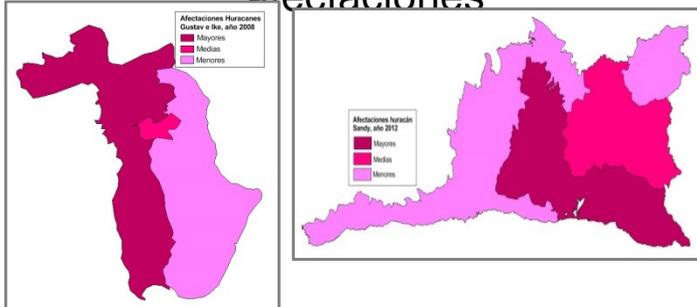
Mapas de afectaciones



Eficacia GeoCelda-MC-Riesgo

Relaciones posibles e/ Afectaciones Vs. Riesgo (Método de Likert)

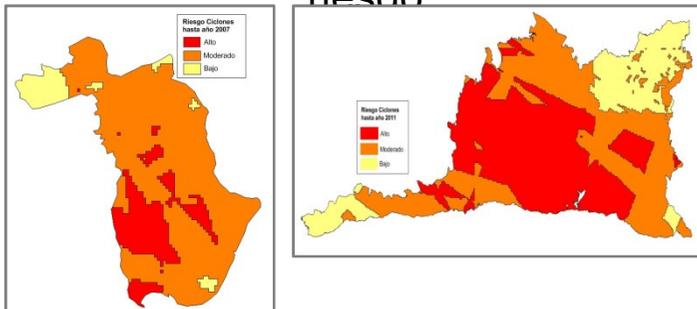
Capa vectorial afectaciones



Superposición vectorial

Análisis geoespacial

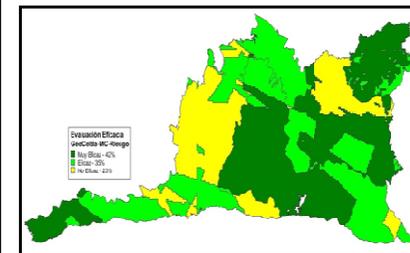
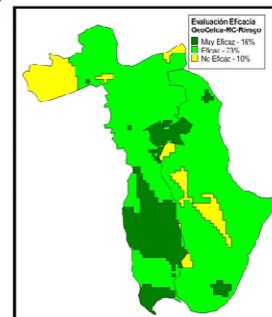
Capa vectorial de riesgo

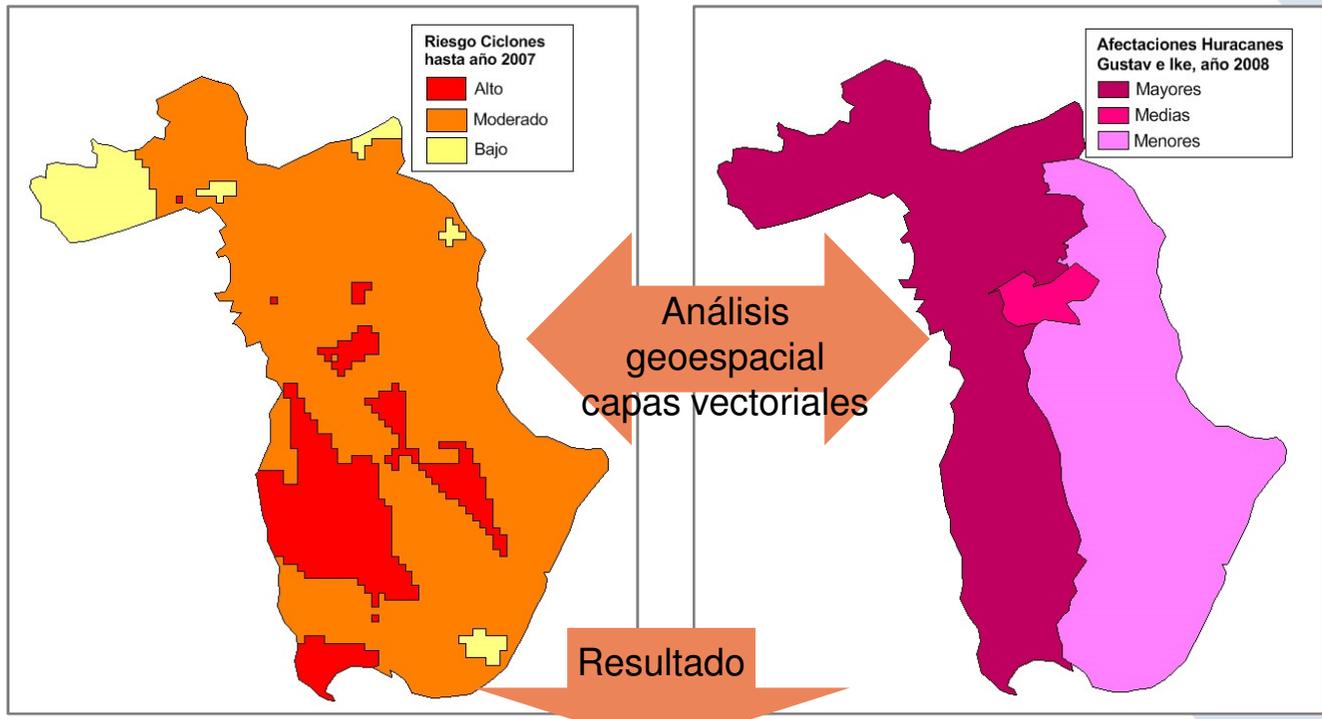


Veracidad determinación del Riesgo

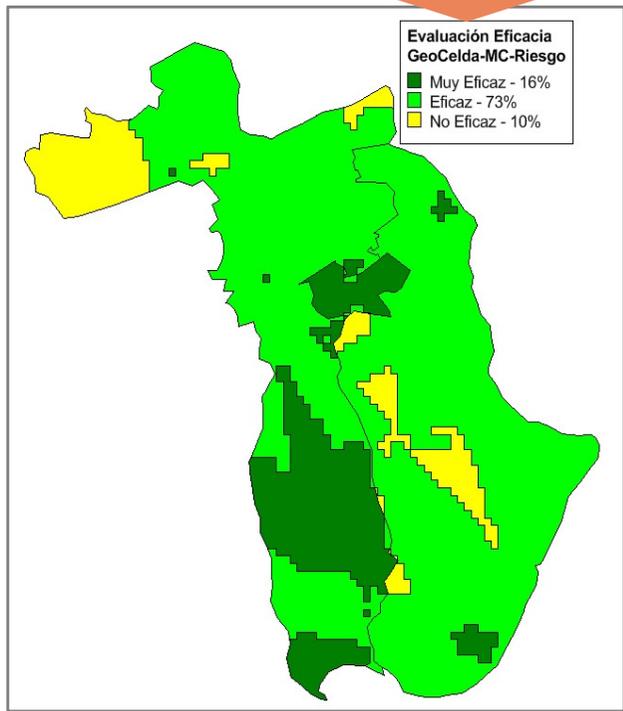
Afectaciones	Riesgo	Escalamiento de Likert	Eficacia
Mayores	Alto	Completamente Verdadero	Muy Eficaz
Medias	Moderado	Verdadero	Eficaz
Menores	Bajo	Verdadero	Eficaz
Medias	Alto	Verdadero	Eficaz
Menores	Moderado	Verdadero	Eficaz
Menores	Alto	Completamente falso	No Eficaz
Mayores	Bajo	falso	No Eficaz
Medias	Bajo	Falso	No Eficaz
Mayores	Moderado	Falso	No Eficaz

Nuevos objetos Geográficos





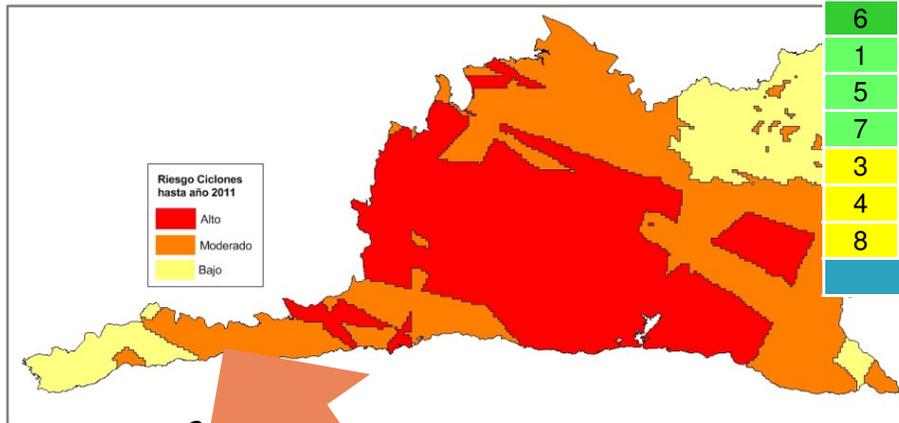
Caso 1: Municipio Los Palacios



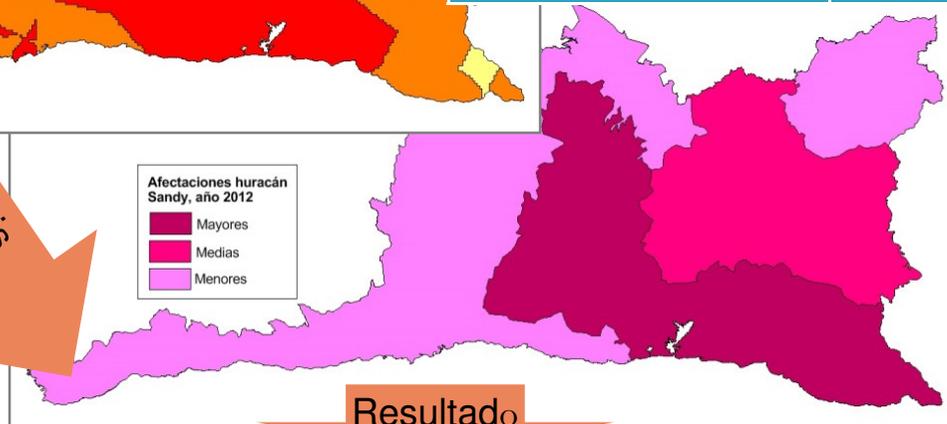
ID Obj.	Afectaciones	Riesgo	Área (Km ²)	%	Resultado	Resumen	
2	Medias	Moderado	18.19	2.36	Muy Eficaz (C.Verd.)	90%	Eficaz
3	Mayores	Alto	99.41	12.89			
6	Menores	Bajo	7.26	0.94			
1	Medias	Alto	1.03	0.13	Eficaz (Verd.)	90%	Eficaz
5	Mayores	Moderado	254.91	33.04			
8	Menores	Moderado	310.71	40.27			
4	Mayores	Bajo	48.18	6.24	No Eficaz (C.Falso)	10.36	
7	Menores	Alto	31.82	4.12			
Total			771.51	100.0	100.0		

ID Obj.	Afectaciones	Riesgo	Área (Km ²)	%		Resultado	Resumen	
2	Mayores	Alto	1,279.76	20.43	42	Muy Eficaz (C.Verd.)		
9	Medias	Moderado	678.29	10.83				
6	Menores	Bajo	679.16	10.84				
1	Mayores	Moderado	632.46	10.10	35	Eficaz (Verd.)		
5	Menores	Moderado	1,198.74	19.14				
7	Medias	Alto	349.27	5.58	23	No Eficaz (C.Falso y Falso)		
3	Mayores	Bajo	40.60	0.65				
4	Menores	Alto	1,029.96	16.44				
8	Medias	Bajo	375.05	5.99				
Total			6,263.29	100.0	100			

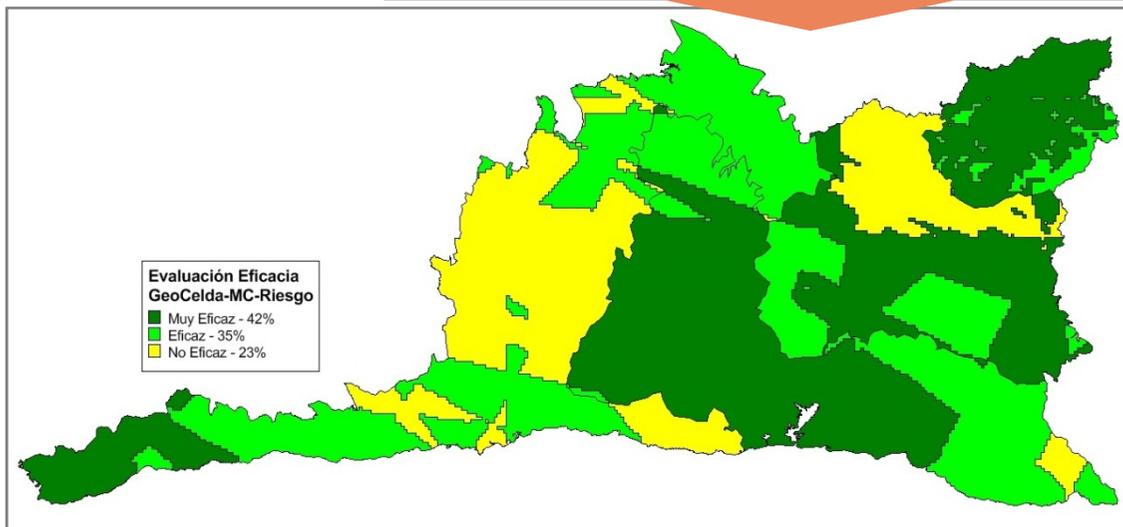
77% Eficaz



Análisis geoespacial
Capas vectoriales



Resultado



Caso 2: Provincia Santiago de Cuba

Evaluación de la eficacia

- Quedó demostrado en el alto nivel de correlación entre los mapas de riesgo obtenidos y los mapas de las afectaciones reales de los desastres producidos por los huracanes Gustav e Ike en Los Palacios (90 %), y por el huracán Sandy en Santiago de Cuba (77 %).
- Además, ofrece un grupo de alternativas de mapas de índice de riesgo que pueden utilizarse como estimadores de los niveles de desastre previo al paso de un huracán.

CONCLUSIONES

1. El método GeoCelda-MC-Riesgo permite la toma de decisión multicriterio basada en datos históricos para la gestión del riesgo por ciclones tropicales y se distingue por el uso de variables temporales (trayectorias históricas de ciclones) espacializadas mediante una cuadrícula flexible a diferentes escalas territoriales.

CONCLUSIONES

2. El prototipo de Sistema de Apoyo a la Decisión Espacial obtenido demostró la viabilidad del método Geo-Celda-MC-Riesgo para la gestión del riesgo por ciclones tropicales con diferentes variantes de mapas de riesgo a distintos niveles territoriales, al quedar validada su eficacia.

CONCLUSIONES

3. El método elaborado es factible de aplicar en la gestión del riesgo por ciclones tropicales en Cuba especialmente por su eficacia en escenarios sensibles a datos históricos y análisis simultáneo de variables de peligro y vulnerabilidad en un contexto espaciotemporal.

¡Muchas gracias!