



FACULTAD DE
CIENCIAS

UDELAR | fcien.edu.uy



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Análisis de índices de riesgo de incendio forestal y su aplicabilidad en el Uruguay

Claudia Martínez

Licenciatura en Geografía

Facultad de Ciencias – UdelaR

16 de diciembre de 2021



Agenda

1. Objetivos
2. Estado del arte
3. Propuesta
4. Caso de prueba
5. Limitaciones y problemas
6. Conclusiones y trabajo futuro



Objetivos

- Analizar el estado del arte sobre el manejo del riesgo de los incendios forestales, con especial atención a su aplicabilidad en el Uruguay.
 - Analizar técnicas y herramientas existentes de predicción del riesgo de incendios forestales.
 - Proponer un índice aplicado al territorio uruguayo, implementarlo y discutir los resultados preliminares.



Estado del arte

- Revisión bibliográfica de herramientas, con énfasis en trabajos que estuvieran relacionados a la construcción de índices y mapeo asociado
- Se analizaron 23 índices (de una lista preliminar mayor)
- Se sistematizaron distinguiendo: propósito, requerimientos, autores, fecha, publicación, lugar
- El trabajo más antiguo es del año 1916 (Munger, Estados Unidos)
- Los estudios pioneros se desarrollaron en Estados Unidos y Canadá



Estado del arte

Inventario y sistematización final

Nombre	Requerimientos													
	P	I	T	Pr	HR	V	N	TC	VC	CS	PT	FI	R	RS
Munger		•		•										
Angstrom		•	•		•									
Nesterov		•	•	•	•									
NFDRS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
Mc Arthur	•	•	•	•	•									
Baumgartner		•	•	•	•									•
KBDI		•	•	•										
M68		•	•	•				•						
Telicyn		•	•	•	•									
CFDRS	•	•	•	•	•	•		•	•	•				
FMA		•		•	•									
Francés		•	•	•		•								
Fosberg		•	•		•									
IREPI		•	•	•	•									•
R-M		•	•	•	•	•								
Portugués		•	•	•	•	•								
Risco do Fogo		•	•	•	•						•	•	•	
Haines*		•												
Asturias		•	•	•	•	•					•	•		
Chile		•	•	•	•	•		•				•		
Carrega		•	•	•	•	•		•						
Numeral Risk	•	•	•	•	•	•	•							
Español		•	•	•	•									•

Cuadro 4: Tabla de índices y sus requ



Estado del arte



GRAPHIC METHOD OF REPRESENTING AND COMPARING DROUGHT INTENSITIES.¹

By THORNTON T. MUNGER.

[U. S. Forest Service, Portland, Oreg., Nov. 4, 1915.]

It is a matter of interest among foresters to find a way for expressing in some graphic quantitative fashion the comparative forest fire risk of various years, and to determine the relative fire risk in various regions. There are so many factors that combine to create a fire hazard in our forests that it is difficult to express them in a statistical or graphic form.

The most influential meteorological factors are the infrequency of soaking rains, the total amount of rain in the dry season, the depth of the winter snow and the time of its disappearance, the humidity of the atmosphere, the frequency of very hot days, the occurrence of high winds, particularly of dry winds, and the seasonal temperatures as they affect the time at which the herbaceous vegetation matures and dries up. All these factors of precipitation, temperature, and wind movement are so complexly interwoven that it seems to be impossible to combine them and consider them jointly. The one single factor that has the most important influence on

¹ This method of showing drought severity was described by District Forecaster E. A. Beals at the meeting of the Western Forestry and Conservation Association on Dec. 7, 1914, using diagrams modeled after those originated by the author.

- Es de interés expresar de forma gráfica cuantitativa el riesgo de incendios forestales
- Hay tantos factores que se combinan para crear un peligro de incendio, que es difícil combinarlos en una forma estadística o gráfica



Estado del arte

- **Variedad de métodos** para estimar el peligro de incendio:
 - diversos requerimientos en cuanto a la cantidad y tipo de variables de entrada
 - métodos de integración
 - escalas temporal y espacial
 - objetivo o propósito perseguido



Estado del arte

- La **complejidad** de las herramientas **aumenta** con el **tiempo**. Se aprecia en la cantidad y variedad de los insumos para el desarrollo y en los métodos del cálculo.
- En parte se debe a:
 - avance tecnológico
 - disponibilidad de información (redes de observación, imágenes satelitales, etc)
 - posibilidad de cálculos automatizados
 - ensayos en laboratorio
 - herramientas para integrar información (SIGs)
 - investigaciones interdisciplinarias



Estado del arte

- Las **variables meteorológicas** están **presentes** en **todas estas herramientas**. La ponderación y la relación entre ellas y/o con otros factores es lo que varía entre las mismas
- El objetivo explícito o implícito de estas herramientas es poder obtener un valor cuantitativo para la humedad del combustible fino
- La mayoría de los índices descritos poseen un factor acumulativo, se necesita conocer las condiciones pasadas para determinar las condiciones presentes



Propuesta

- Considerando fortalezas y debilidades que existen en Uruguay en cuanto a los requerimientos de las herramientas, el **Risco Do Fogo** parece ser un **buen índice para implementarse**:
 - índice de ecuaciones relativamente sencillas, requiere datos meteorológicos observados que están disponibles en términos generales en el país
 - incorpora la cobertura vegetal, también accesible
 - se aplica en un país vecino que en alguna medida comparte condiciones ambientales.



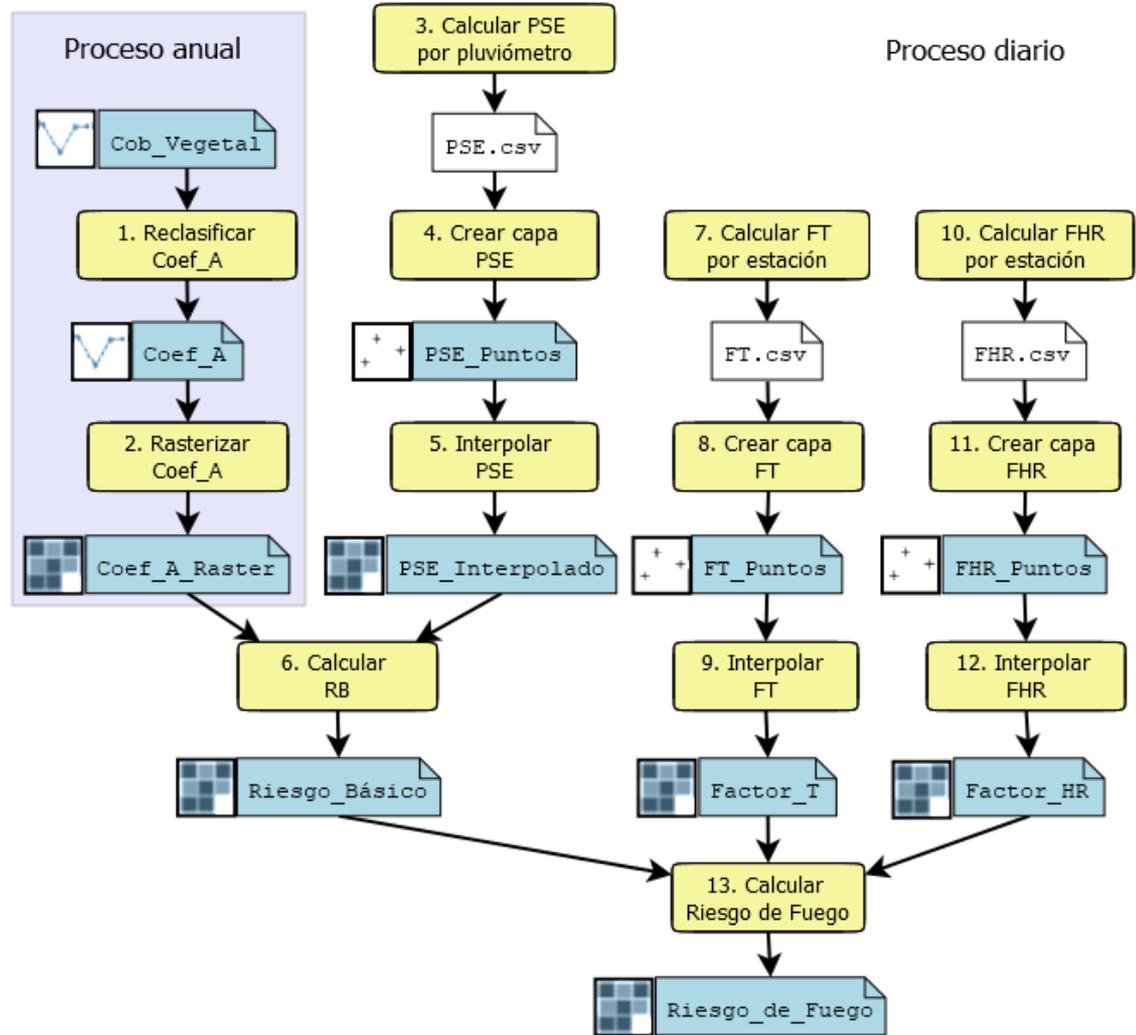
Propuesta

- Metodología basada en Risco Do Fogo, con algunos cambios
- Se modificaron los criterios de selección de las variables a utilizar, debido a la disponibilidad de la información
- Requerimientos de este índice:
 - Precipitación diaria
 - Humedad relativa
 - Temperatura del aire
 - Cobertura vegetal del país



Propuesta

Diagrama de flujo del proceso en QGIS



Propuesta

Cálculo del PSE ("período de seca")

Se calcula diariamente para cada estación pluviométrica, por medio de una serie de funciones dadas.

En este procedimiento, la precipitación más reciente se pondera con mayor peso, y así se incorpora al cálculo el efecto temporal del régimen de precipitación.

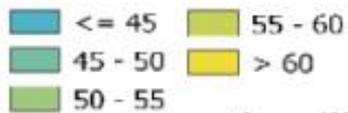


Propuesta



Obtengo el PSE para cada estación y lo puedo interpolar

PSE



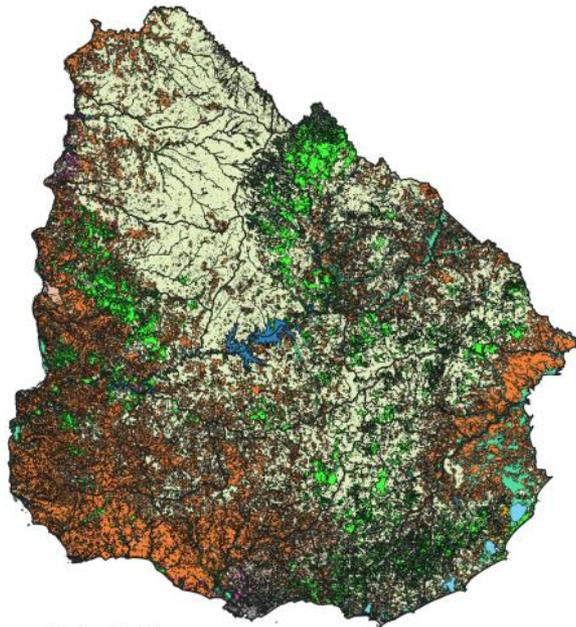
Propuesta

- Para modelar la inflamabilidad de la cobertura vegetal se define el Coeficiente A (Coef A).
- Es un valor que se le asigna a la cobertura vegetal y pretende representar un grado de inflamabilidad
- Se utiliza la capa de Cobertura Vegetal elaborada por DINOT, DINAMA y la Dirección General de Recursos Naturales (escala 1:100.00)
- Se reclasifica y se le asigna un valor de inflamabilidad de acuerdo a los modelos de Rothermel



Propuesta

Mapa original con 17 clases y reclasificación



Cobertura Vegetal

- Aguas Artificiales
- Aguas Naturales
- Arbustos
- Area Natural Inundable
- Area Urbana
- Areas Desnudas
- Areas Urbanas Dispersas
- Canteras, Areneras, Minas a Cielo Abierto
- Cultivos > 4-5 ha
- Cultivos Regados y de Secano < 4-5 ha
- Equipamiento Urbano
- Frutales
- Herbáceo Natural
- Monte Nativo
- Palmares
- Plantación Forestal



Clase	Modelo	Coef
1. Cuerpos de Agua <i>Aguas superficiales</i> <i>Aguas naturales</i>	No aplica	0.0
2. Áreas Desnudas e Inundables <i>Área desnuda</i> <i>Área natural inundable</i>	No aplica	0.1
3. Área Urbana <i>Área urbana</i> <i>Equipamiento urbano</i> <i>Canteras, areneras, minas a cielo abierto</i>	No aplica	0.2
4. Áreas Cultivadas y Manejadas <i>Cultivos > 4-5 ha</i> <i>Cultivos regados y de secano < 4-5 ha</i> <i>Frutales</i> <i>Palmares</i>	1	0.4
5. Áreas Urbanas Dispersas	3	0.6
6. Vegetación Natural <i>Arbustos</i> <i>Herbáceo natural</i> <i>Monte nativo</i>	4 al 6	0.8
7. Plantación Forestal	7	1.0

Referencias:

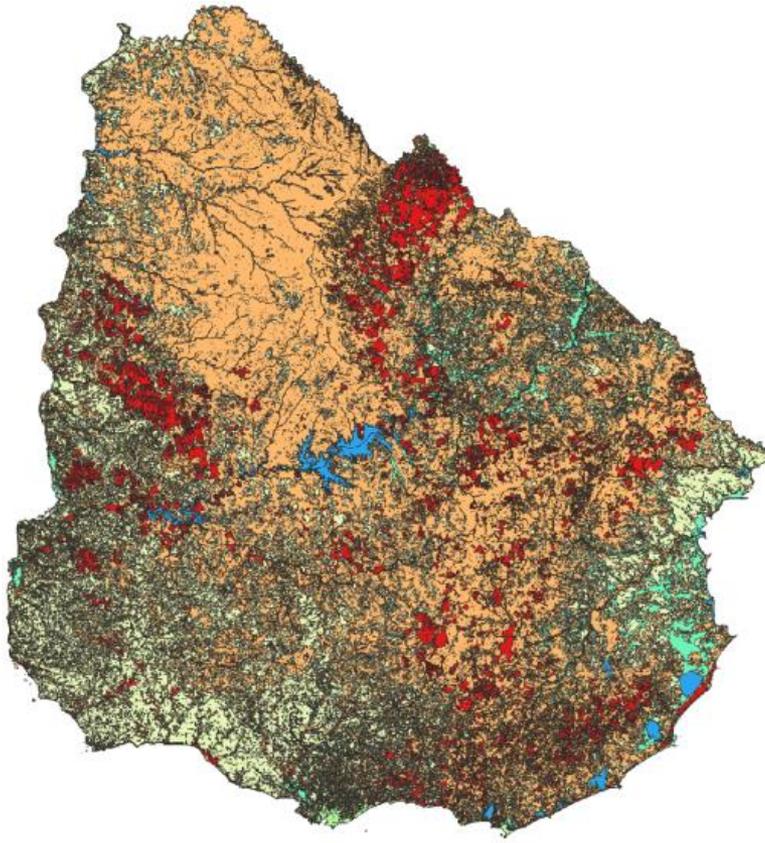
Coef: coeficiente de inflamabilidad

Modelo: Asignación de los modelos de Rothamel.

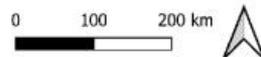


Propuesta

Reclasificado en 7 clases



Coefficientes de Inflamabilidad



Propuesta

- Determinar el Riesgo de Fuego Básico (Rb) para cada estación, por medio de la siguiente ecuación:

$$Rb_n = \frac{0,8 + \text{sen}[\frac{((A_n \times PSE) - 90) \times (3,14 \times 180)}{2}]}{2}, \text{ con } n = 1.,7$$

- Para el Riesgo Final (RF) se realizan ajustes por humedad relativa y temperatura mediante las siguientes ecuaciones:

$$FHR = -0,006 \times HR + 1,3$$

$$FT = 0,02 \times T_{max} + 0,4$$

- **Finalmente: RF = RB * FT * FHR**



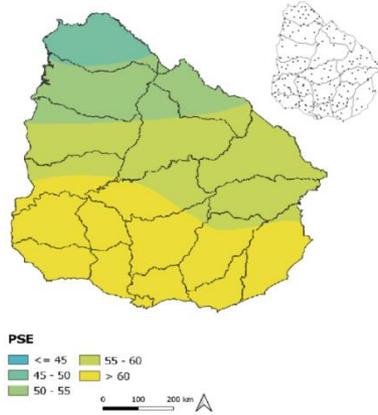
Caso de prueba

- A los efectos de validar el comportamiento del índice se eligió una fecha en la cual ocurrió un incendio forestal en la zona costera de Rocha
- Fecha: 9/12/2011, incendio de considerables dimensiones en la zona de Punta del Diablo sobre la ruta 9.

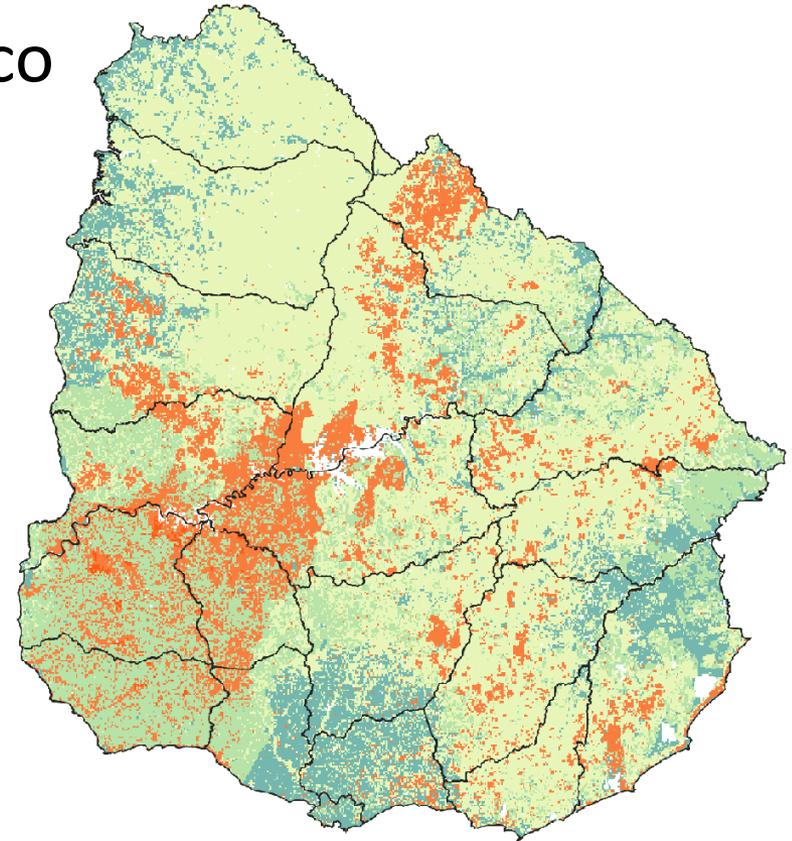


Caso de prueba

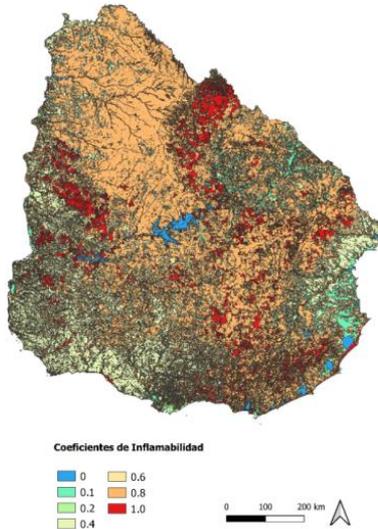
PSE



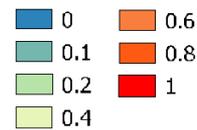
Riesgo Básico



Coef A



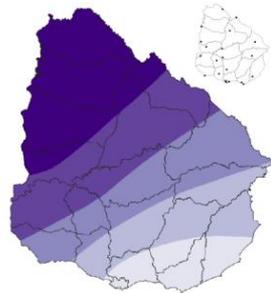
Riesgo Básico



Caso de prueba

Riesgo Final

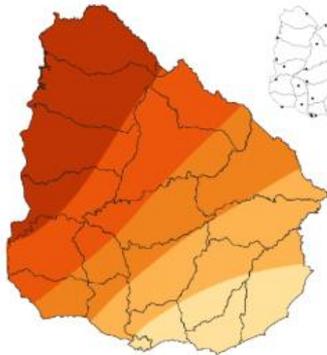
FHR



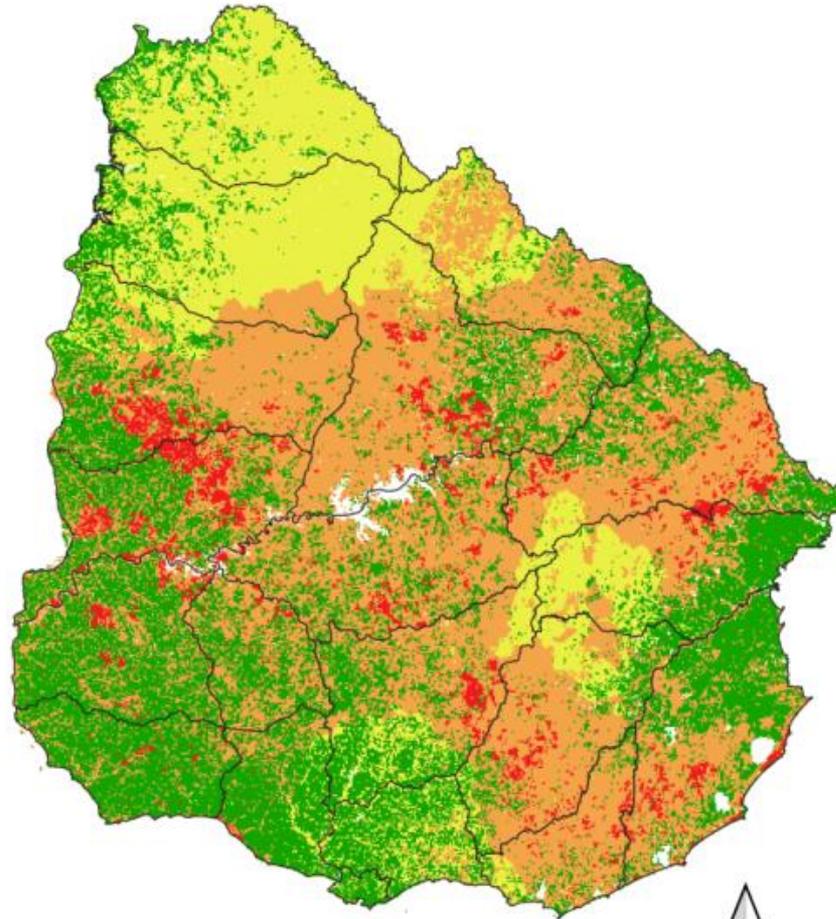
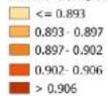
Factor Humedad Relativa



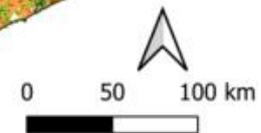
FT



Factor Temperatura

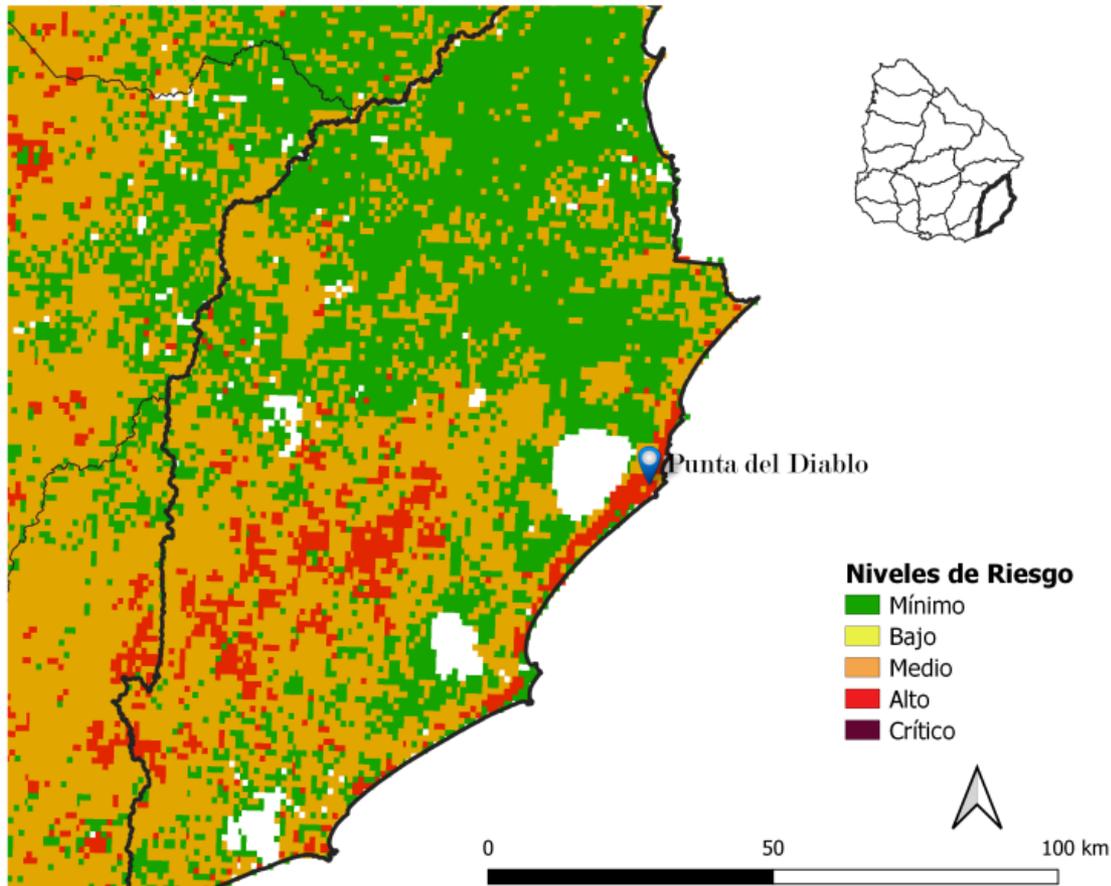


Categorías de riesgo



Caso de prueba

Riesgo Final en la zona del incendio



Limitaciones y problemas

- La calidad del producto final dependerá de:
 - decisiones de diseño, como coeficientes de inflamabilidad, fórmulas e interpoladores
 - calidad de las variables de entrada (cobertura espacial, cobertura temporal, precisión y correctitud)
- Esta propuesta es un prototipo que debe ser testeado y optimizado



Limitaciones y problemas

- Hay un consenso razonable sobre cuáles son las variables que inciden en un incendio, pero **no sobre las ecuaciones** para medir el riesgo de su ocurrencia.
- Uno de los principales problemas es la **selección de métodos de interpolación adecuados** para cada variable y/o cálculo intermedio.
- Se debe tomar en consideración la **disponibilidad de todas las variables** con anticipación al momento en que el índice debe ser calculado.



Conclusiones y trabajos futuros

- Un índice de riesgo de incendio forestal es un instrumento que **aporta en el manejo del riesgo**
- En nuestro país se utiliza el índice Nesterov.
 - Es una herramienta que presenta **ventajas** como por ejemplo su **facilidad de cálculo**, pero también **desventajas** ya que se trata de una interpolación de variables meteorológicas, y **no incorpora ninguna variable del territorio**



Conclusiones y trabajos futuros

- Se proyectan escenarios para Uruguay que lo posicionan en un nivel de vulnerabilidad mayor al actual, por:
 - cambio climático
 - cambios en los usos del suelo
 - especies invasoras, que cambian la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, provocando cambios en la estructura e inflamabilidad del combustible
 - cambios en la densidad y distribución de la población



Conclusiones y trabajos futuros

- Este trabajo puede continuarse en varias líneas:
- Análisis más exhaustivo de los índices de inflamabilidad, con trabajo conjunto de geógrafos, meteorólogos, matemáticos, agrónomos, ...
-
- Determinar el mejor interpolador para cada variable, y quizá para cada estación del año
- Determinar umbrales mínimos de resolución espacial para cada variable observada



¿Preguntas?

Muchas gracias

