

Reunión Regional Virtual de ONU–SPIDER para América Latina

“Soluciones espaciales para la reducción de riesgos y la respuesta en caso de desastres para América Latina”

# Tecnologías Satelitales para Mapeo de Susceptibilidad a Incendios Forestales



Alexander Ariza  
Visitante Científico  
Programa ONU-SPIDER - UNOOSA

 UNITED NATIONS  
Office for Outer Space Affairs

Bonn–Alemania. 24/09/2020

Alejandra del Pilar Moreno Pérez  
Fredy Orlando Montealegre  
MSc( c) en Gestión de la Información y Tecnologías Geoespaciales  
Universidad Sergio Arboleda, USA. Bogotá - Colombia



# La Información Geoespacial en la Gestión Integral del Riesgo de Incendios

- El número de alertas de incendios, en abril de **2020**, aumentó en un **13%** en comparación con 2019. Los factores principales son la persistencia de un **clima más cálido y seco** debido al **cambio climático** y la deforestación causada principalmente por la conversión de tierras para la **agricultura** (WWF, BCG).

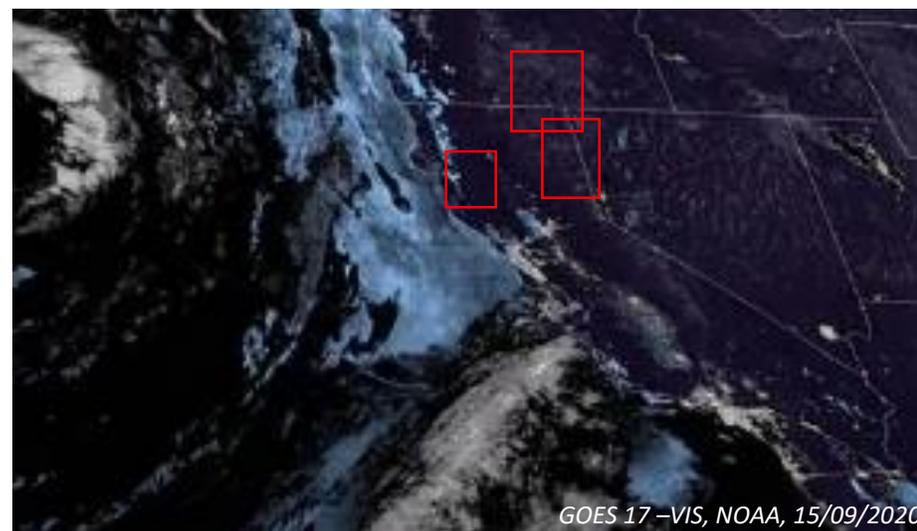
## ¿Por qué importa esto?

- Incendios en **Australia y EEUU**, mientras que muchos países aún se están recuperando de una temporada extrema de incendios forestales del 2019 y 2020, (Canadá, Siberia, el Mediterráneo y el Amazonas).
- A nivel mundial, el área de los incendios forestales ha disminuido un **25%**. Sin embargo, en algunos ecosistemas (sabanas y pastizales), ocurren con **mayor frecuencia** (o en Eco poco frecuentes al fuego, e.g. bosques tropicales).
- Un **aumento en la frecuencia e intensidad** de los incendios forestales, especialmente en ecosistemas que no están adaptados al fuego, podrían



Siberia (Greenpeace, 2020)

*El cambio climático y la deforestación aumentan el riesgo global, (UNSPIDER, 2020)*



GOES 17 -VIS, NOAA, 15/09/2020



**3,472,947 Acres**  
Acres quemados estimados



**7.882 Incidencias**  
Numero de incidentes



**25 Muertes**  
Pérdida de vida confirmada



**6.847 Estructuras**  
Estructuras dañadas o destruidas

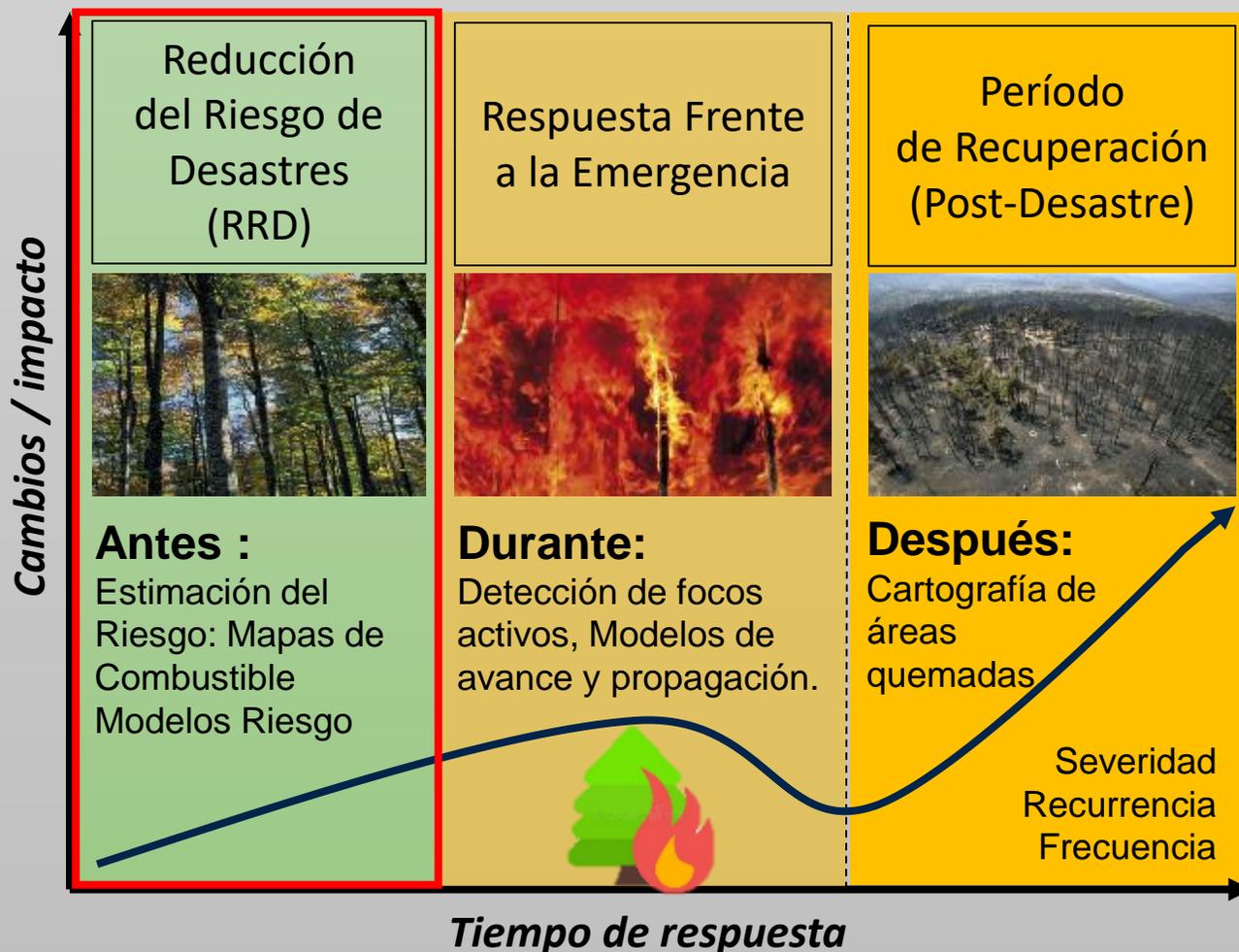


# La Información Geoespacial en la Gestión Integral del Riesgo de Incendios

La **prevención**, una parte sustancial de la **Gestión Integral del Riesgo**, cada día cobra una mayor relevancia estratégica en el esfuerzo para disminuir el creciente **impacto social y económico** que provocan las emergencias y los desastres, incidiendo en algunas regiones y países desfavorablemente en la sustentabilidad de su **desarrollo** y de sus procesos productivos.

Es por ello fundamental reconocer que, para disminuir los desastres, es **indispensable evaluar y luego disminuir la condición de riesgo** que los provoca. Las nuevas tecnologías asociadas a la integración de **información geoespacial** cobran una gran importancia, **No se puede pensar en una efectiva gestión del riesgo sin utilizar estas herramientas y bases de información hoy a nuestro alcance.**

## MARCO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR INCENDIOS

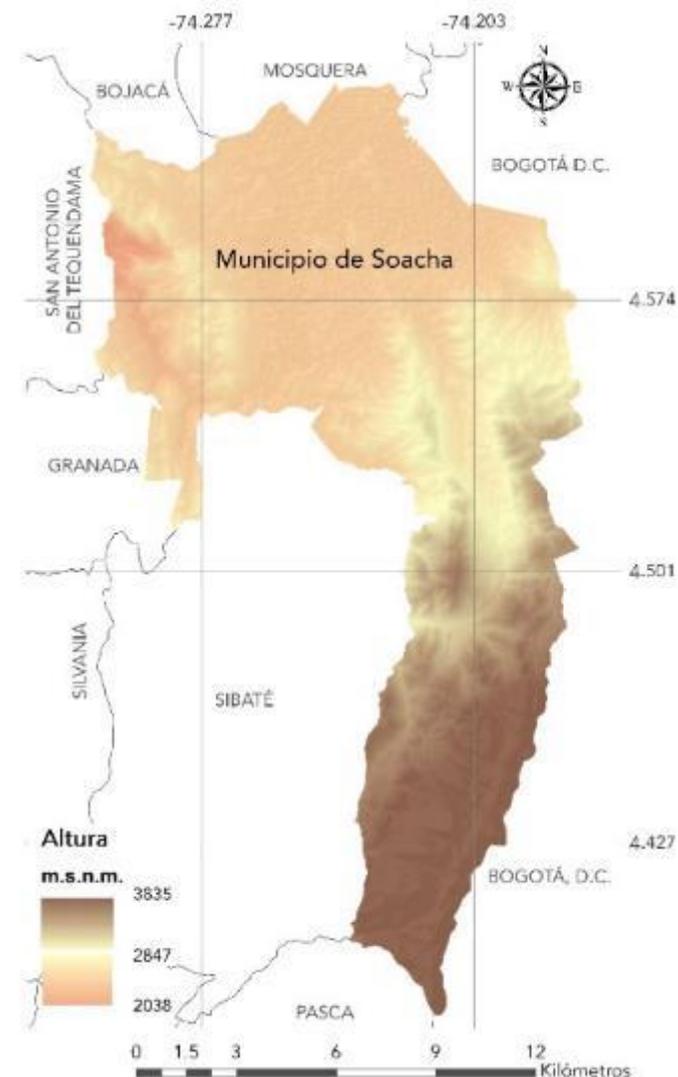


## Objetivo

Elaborar una propuesta metodológica para la generación de **mapas de susceptibilidad** a la ocurrencia de incendios forestales a escala semi-detallada (1:25.000), mediante el uso de imágenes **Sentinel-2** y datos secundarios.

## Área de estudio

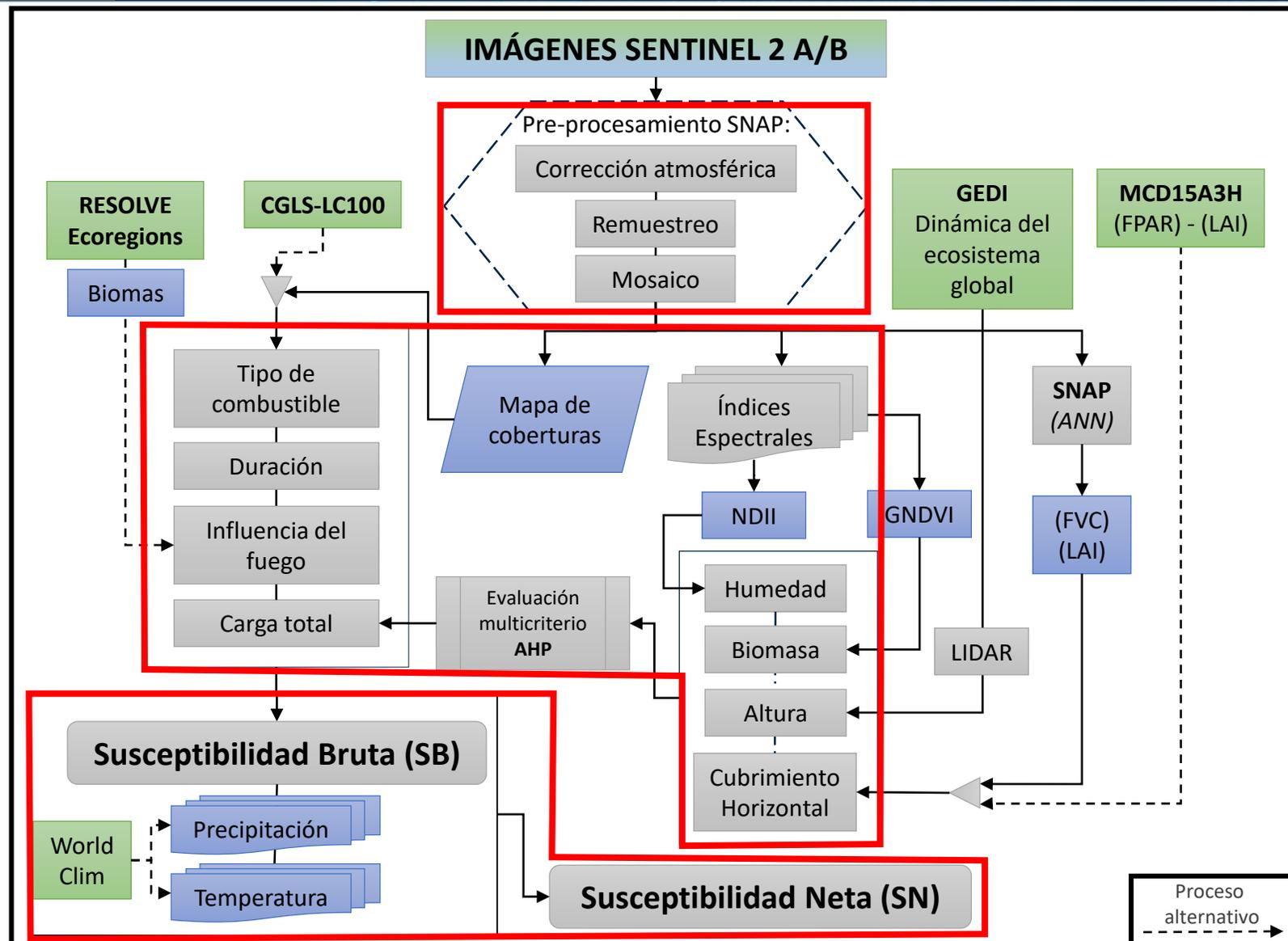
- Superficie de 184,45 km<sup>2</sup>
- Elevación promedio de 2.565 m.s.n.m
- Temperatura promedio de 11,5°C
- Precipitación media anual de 698 mm, con un patrón de distribución bimodal





# Metodología

Materiales		Fuente
Mapa de coberturas a escala 1:25.000 del 2017		IGAC
Límites municipales		SIGOT
Datos histórico de precipitación y temperatura		IDEAM
Imagén multiespectral (MSI) del proyecto Sentinel 2-B . Nivel de procesamiento 1C		Copérnicus
Softwares	Datos Locales	QGIS SNAP ArcGIS
	Google Earth Engine	GEE Collections

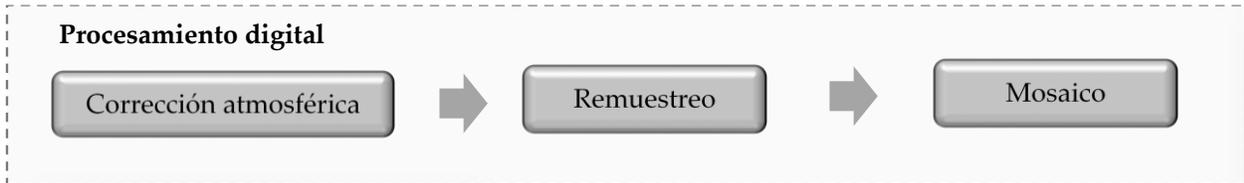




# Pre-procesamiento

1

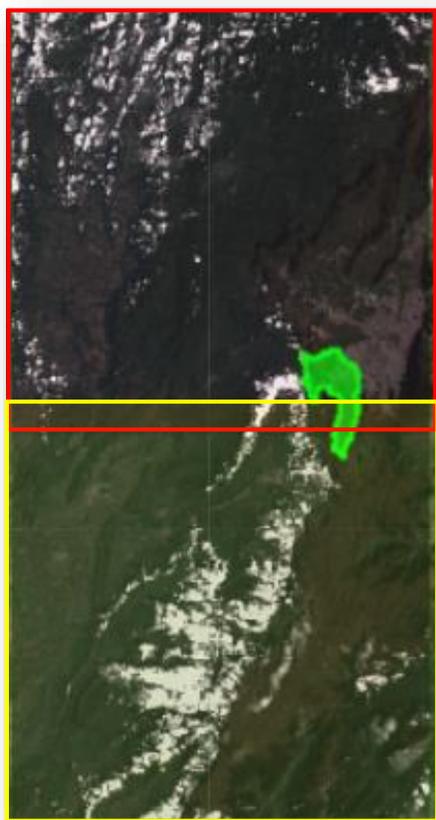
Selección de imágenes de satélite



Sentinel 2B

18 NWL

18 NWK



Remuestreo

Mosaico



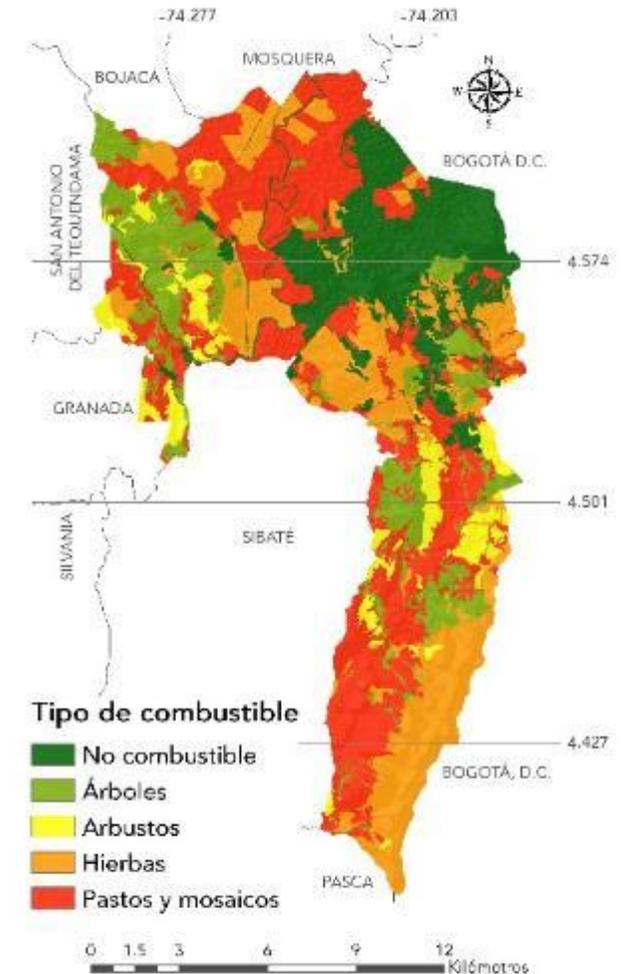


# Modelo de combustible “Tipo de Combustible”

2



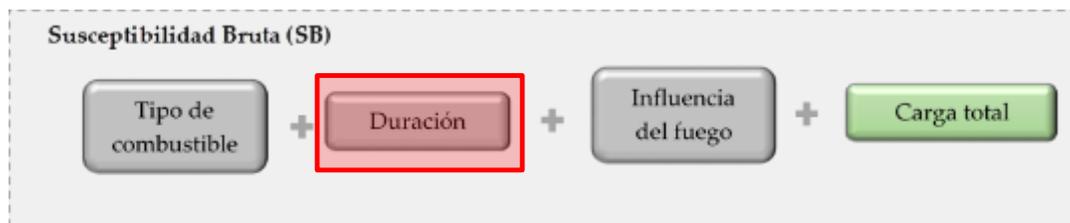
TIPO DE COMBUSTIBLE		TIPO DE COBERTURA	
PREDOMINANTE		(CORINE LAND COVER)	
Bosques	Bosques	3.1. Bosques	3.2.3.1 Vegetación secundaria alta
Arbustos	Arbustos	3.2.2. Arbustal	3.2.3.2 Vegetación secundaria baja
Mosaicos	Mosaicos	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos,	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
Hierbas	Cultivos	2.4.1. Mosaico de cultivos	2.1. Cultivos transitorios 2.2. Cultivos permanentes
	Hierbas	3.2.1. Herbazal	
Pastos	Pastos	2.3. Pastos	
	Zonas Urbanas	1.1. Zonas urbanizadas	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación
No combustibles	Áreas Mayormente Alteradas	1.4. Zonas verdes artificializados, no agrícolas	
		1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	
	Zonas desnudas	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	
	Áreas húmedas y superficies de agua	4.1. Áreas húmedas continentales	4.2. Áreas húmedas costeras 5.1. Aguas continentales 5.2. Aguas Marítimas



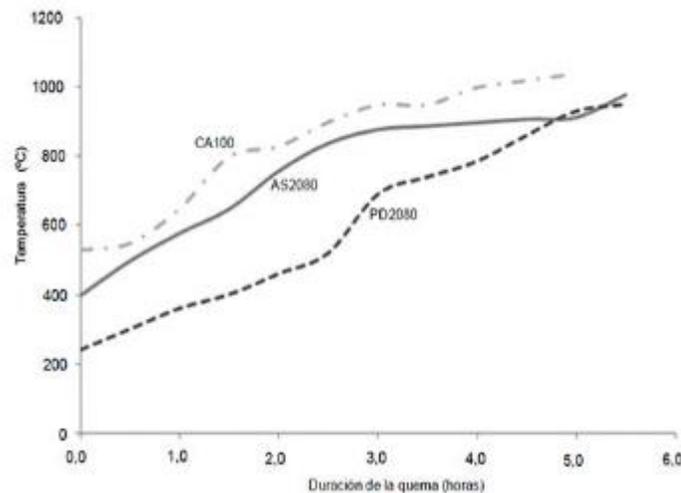
- El Copernicus Global Land Service (**CGLS**) es una alternativa de información multipropósito que proporciona una serie de productos biogeofísicos sobre el estado y la evolución de la superficie terrestre a escala global. (PROBA-V 100 m)

# Modelo de combustible “Duración del Combustible”

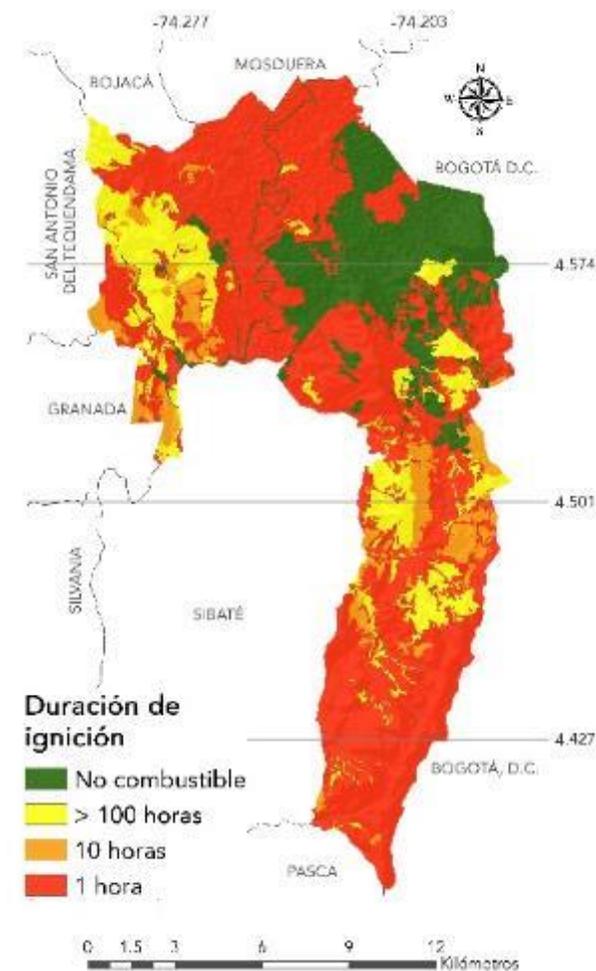
2



- Tiempo necesario para que el contenido de humedad se equilibre con la humedad del aire que lo rodea para mantener su ignición.

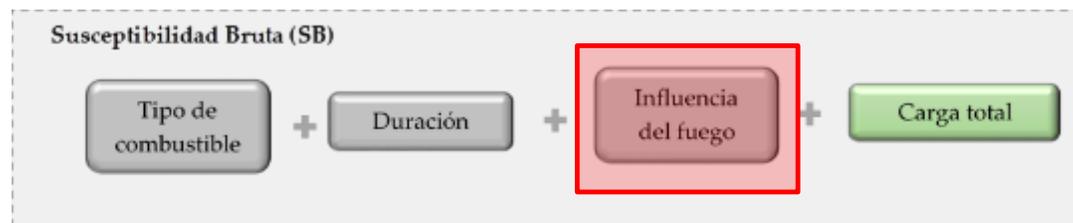


Duración (horas)	1000	100	10	1
Características de forma y tamaño	Ramas y troncos mayores a 7.5 cm	Ramas cuyo diámetro está entre 2.5 y 7.5 cm	Ramillas cuyo diámetro está entre 0.6 y 2.5 cm	Ramillas cuyo diámetro es menor a 0.6 cm
Tipo de combustible predominante	Árboles	Árboles	Arbustos	Mosaicos, Pastos y hierbas



# Modelo de combustible “Influencia del Fuego”

2



- Desde una perspectiva ecológica, los ecosistemas son clasificados de acuerdo a la respuesta de la vegetación fuego

**Dependientes**

Proceso esencial para que se generen los mecanismos propios de sucesión en donde las especies han desarrollado adaptaciones para responder de forma positiva al fuego

**Sensibles**

No requieren del fuego para mantener su tipo de vegetación

**Influidos**

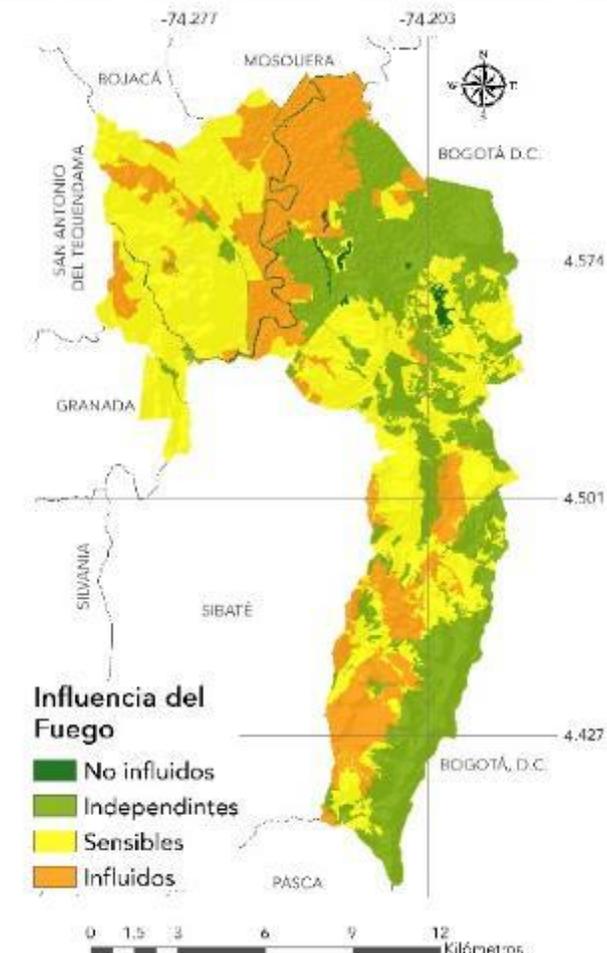
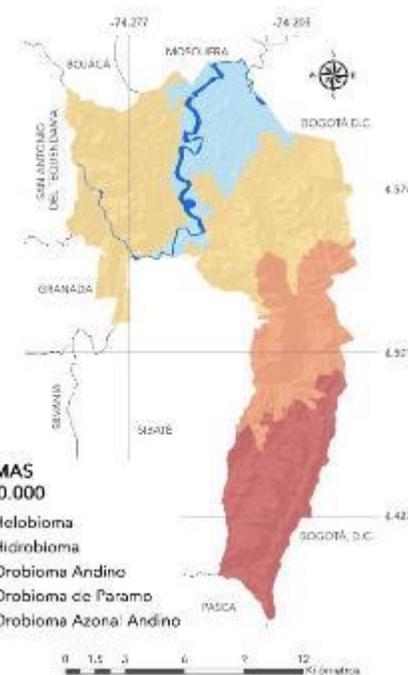
Se encuentran en una zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego y los sensibles a él

**Independientes**

Cuando el fuego juega un papel muy pequeño en la dinámica del ecosistema

**No influidos**

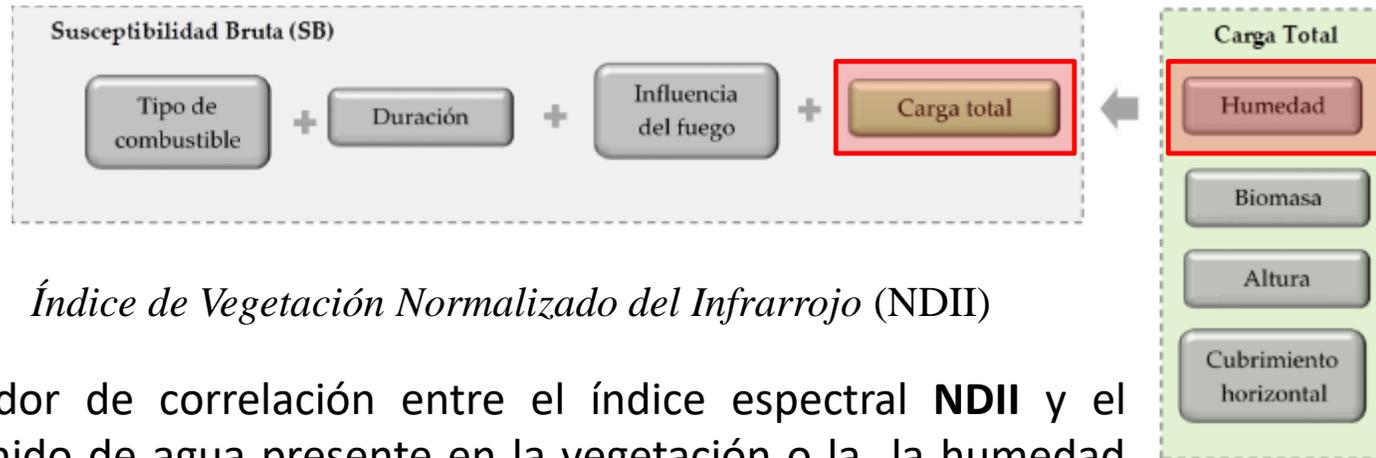
Zonas en donde no existe vegetación que permita la generación o propagación de la llama



- Una alternativa es el conjunto de datos **RESOLVE Ecoregions**, actualizado en 2017, ofrece una descripción de las 846 ecorregiones agrupados en 14 biomas terrestres.

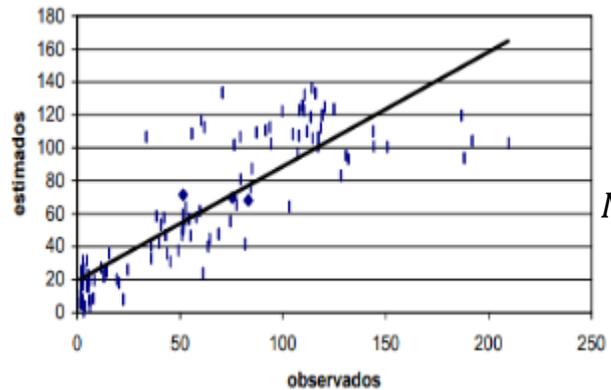
# Modelo de combustible “Carga Total – Contenido de Humedad”

3



Índice de Vegetación Normalizado del Infrarrojo (NDII)

- Indicador de correlación entre el índice espectral **NDII** y el contenido de agua presente en la vegetación o la la humedad del combustible denominada como **FMC**.

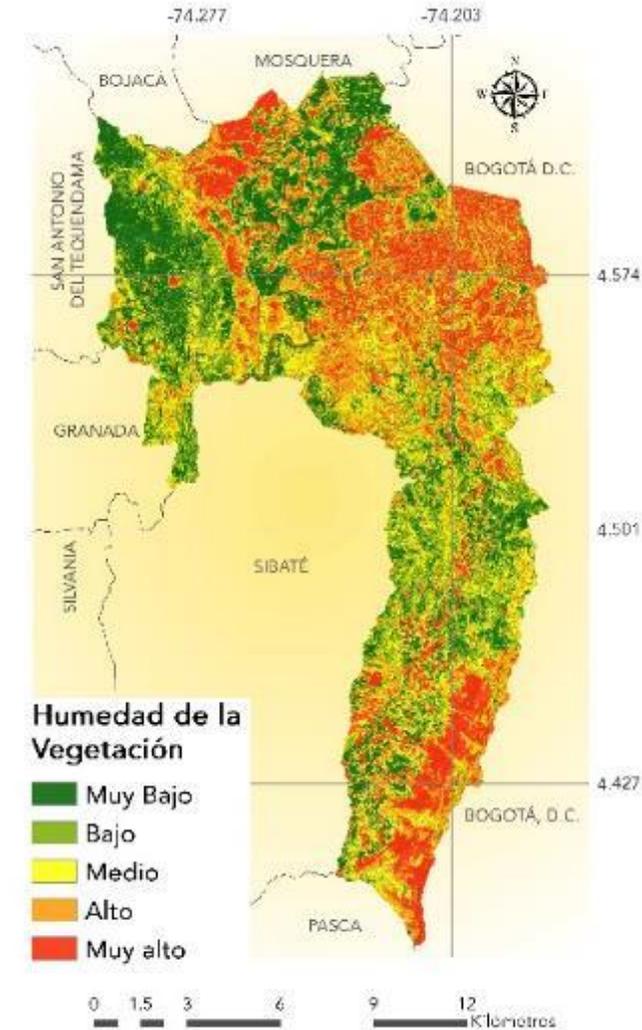


(Chuvienco, 2000)

$$FCM = \frac{P(h) - P(s)}{P(s)} * 100$$

$$NDII = \frac{NIR_{(819\text{ nm})} - SWIR_{(1600\text{ nm})}}{NIR_{(819\text{ nm})} + SWIR_{(1600\text{ nm})}}$$

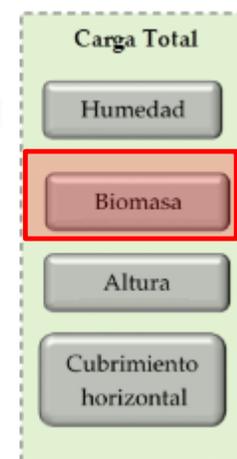
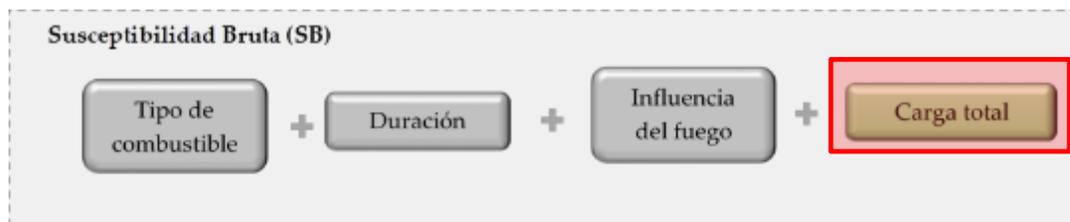
Clasificación	Rangos por cuantiles (NDII)
Muy bajo	-0.787 – 0.081
Bajo	0.081 – 0.015
Medio	0.015 – 0.117
Alto	0.118 – 0.225
Muy alto	0.225 – 0.739





# Modelo de combustible “Carga Total – Biomasa”

3



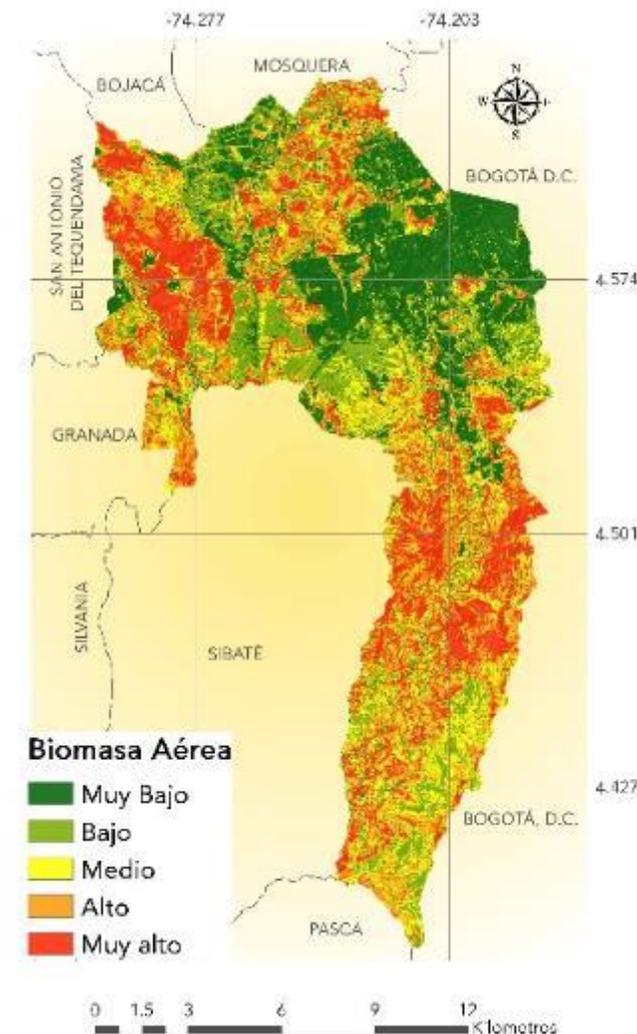
- Cantidad de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema por unidad de superficie, la cual es normalmente cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco

Índice de vegetación	NDVI	GNDVI	NDI45	EVI	SAVI
Fórmula	$\frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)}$	$\frac{(B8 - B3)}{(B8 + B3)}$	$\frac{(B5 - B4)}{(B5 + B4)}$	$\frac{2,5 \times (B8 - B4)}{(B8 + 6 \times B4 - 7,5 \times B2 + 1)}$	$\frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4 + 0,5)}^{(1,5)}$

Tipo de combustible	No combustible	Pastos	Hierbas	Mosaicos	Arbustos	Árboles
Calificación biomasa	1	2	3	4	5	6

Índice de vegetación	NDVI	<b>GNDVI</b>	NDI45	EVI	SAVI
Coefficiente de correlación	0,61	<b>0,63</b>	0,59	0,23	0,25

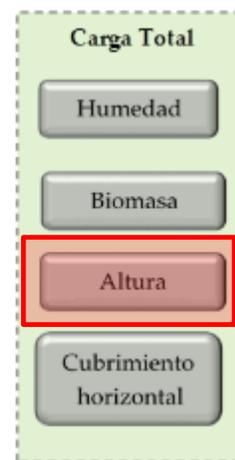
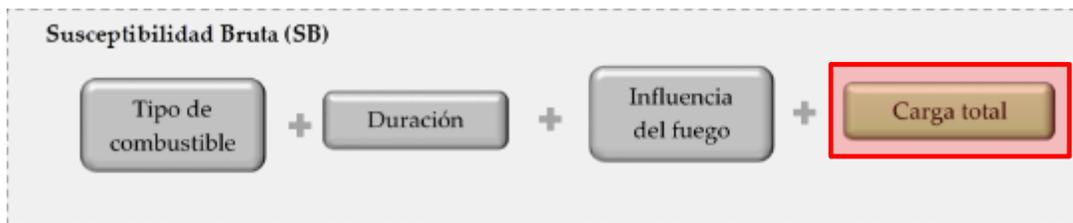
Clasificación	Rangos por cuantiles (GNDVI)
Muy bajo	-0.720 – 0.473
Bajo	0.473 – 0.608
Medio	0.608 – 0.695
Alto	0.695 – 0.770
Muy alto	0.770 – 0.999



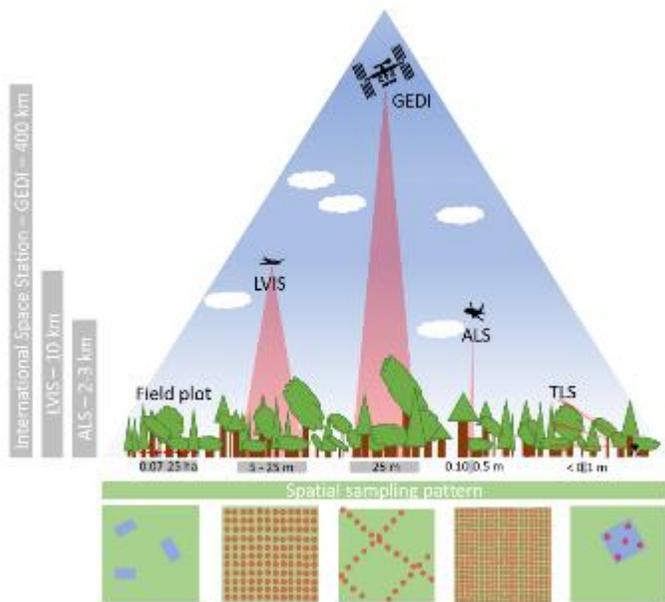


# Modelo de combustible “Carga Total – Altura”

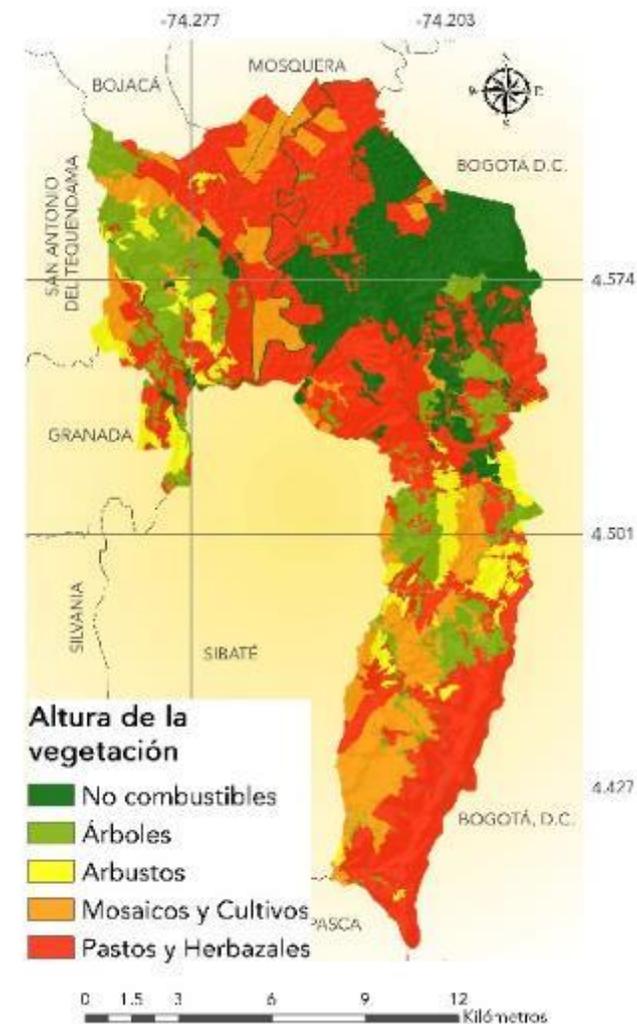
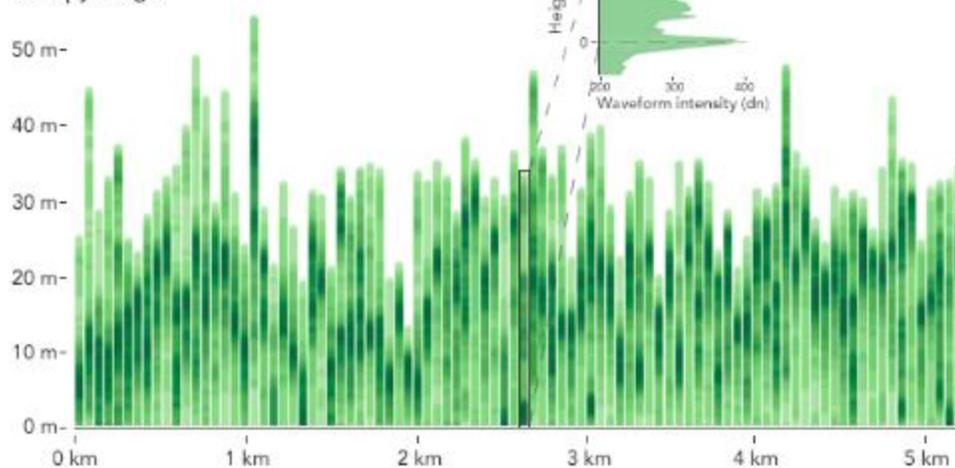
3



- Es evaluada considerando el comportamiento que tiene la temperatura en la columna de convección, el cual indica que, a medida que la altura aumenta, la temperatura decrece de forma muy rápida.

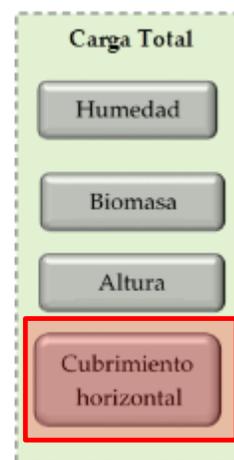
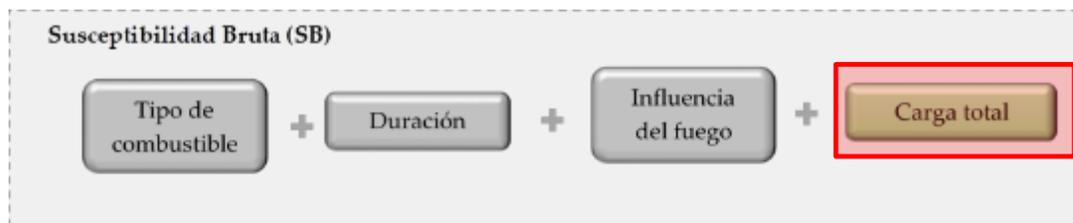


Amazon Tree Canopy Structure  
Canopy Height



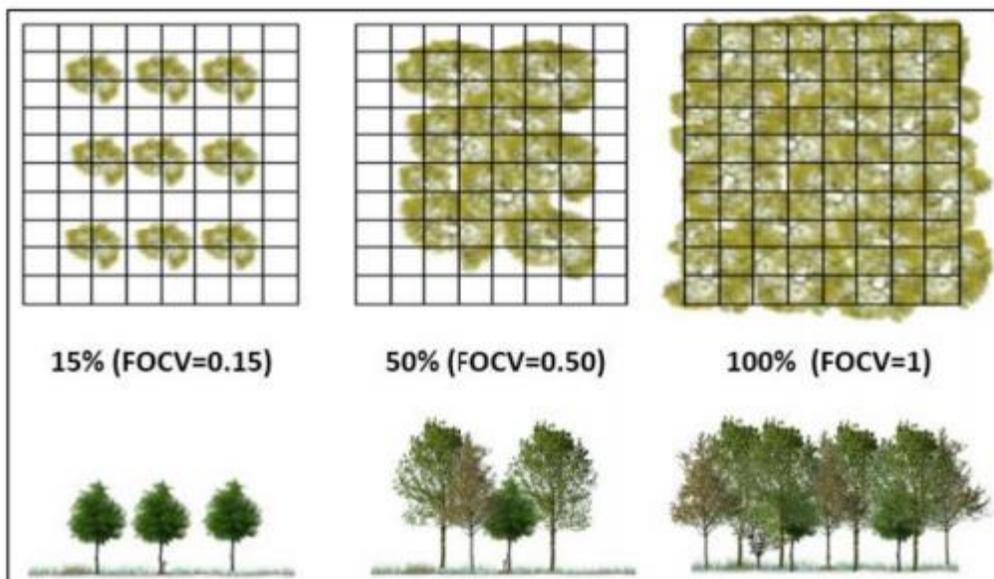


3

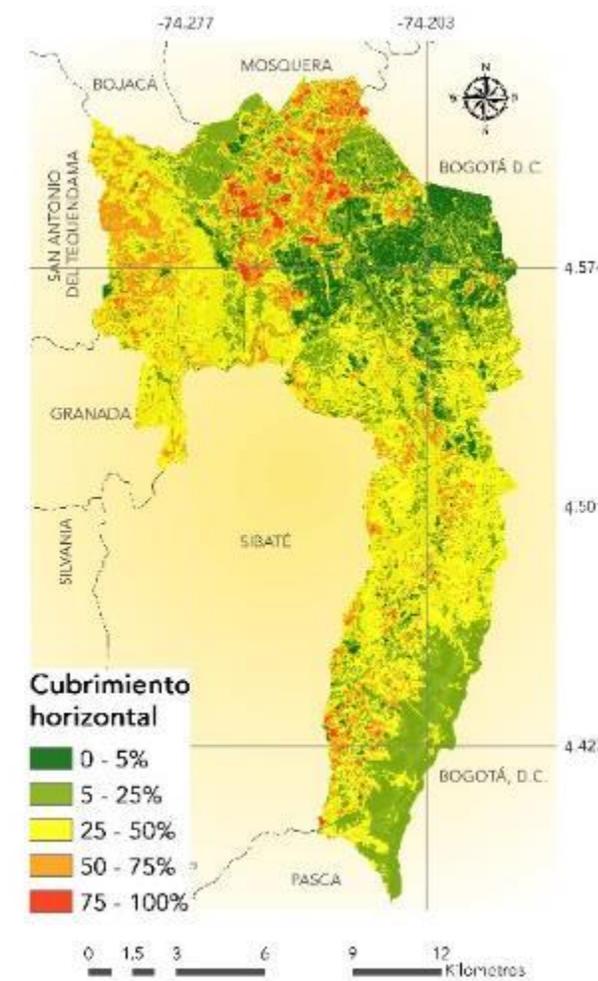


- Para la distribución del combustible en el plano horizontal se calculó la **fracción de cobertura vegetal (FVC)**

Proporción del fondo del suelo que se encuentra cubierto por la vegetación viva.

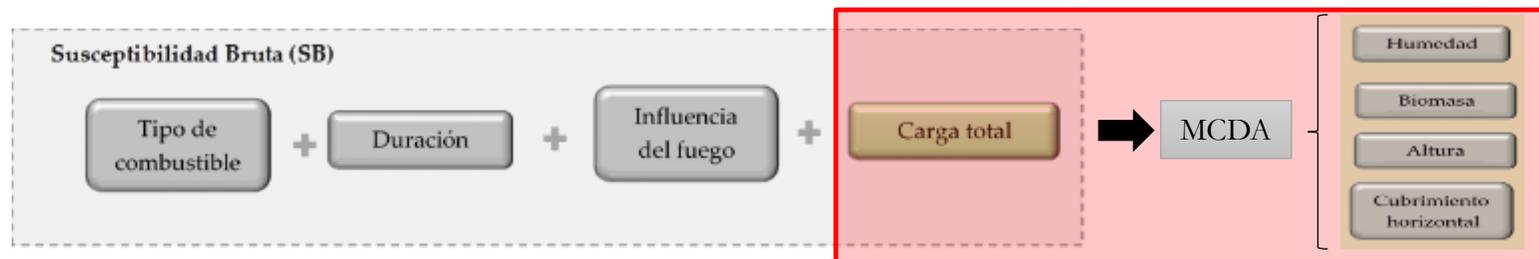


Rango según Braun-Blanquet	Porcentaje de cobertura	FVC
1	0-5%	0-0.05
2	5-25%	0.05- 0.25
3	25-50%	0.25 – 0.5
4	50-75%	0.5 – 0.75
5	75-100%	0.75 - 1



# Modelo de combustible "Carga Total"

3



$$Carga\ Total = Humedad * (0.31) + Biomasa * (0.49) + Altura * (0.06) + Cubrimiento\ Horizontal * (0.14)$$

## 1. Evaluación Multicriterio:

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Metodología de evaluación (Thomas Saaty).

FACTORES	Humedad	Biomasa	Altura de las coberturas	Cubrimiento horizontal
Humedad	1.00	0.46	5.00	3.00
Biomasa	2.20	1.00	5.40	3.80
Altura de las coberturas	0.20	0.19	1.00	0.33
Cubrimiento horizontal	0.33	0.26	3.00	1.00

(IDEAM, 2011)

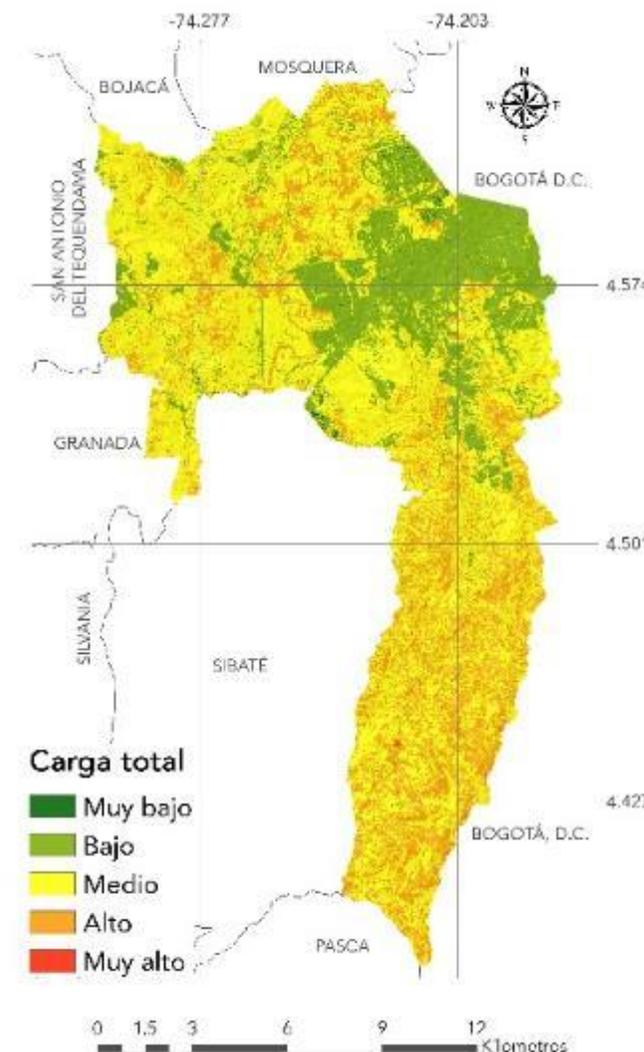
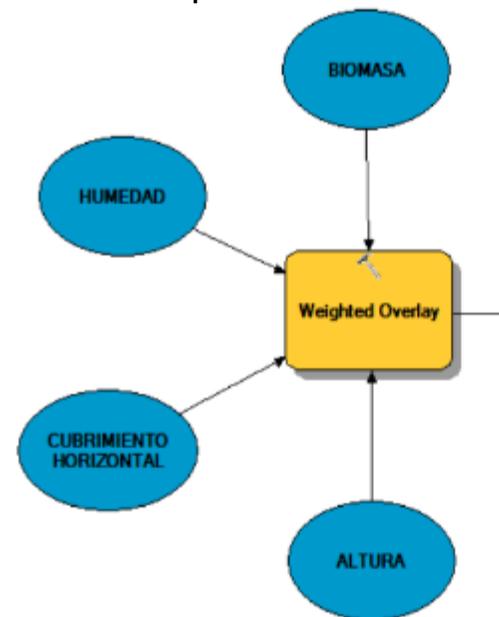
## 2. Normalización de variables:

Unificar las unidades de medida de cada variable para poder compararlas entre sí.

Rangos	Calificación
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

## 3. Ponderación de variables:

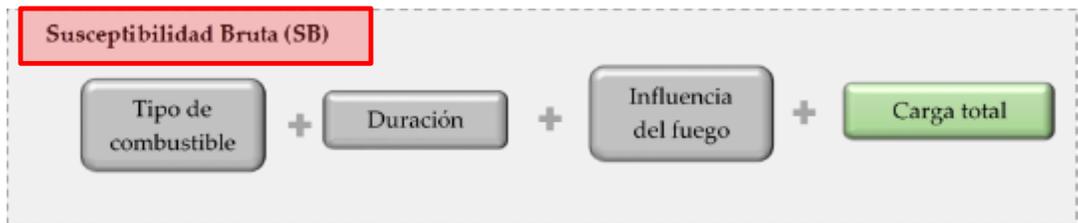
Calculo de pesos.





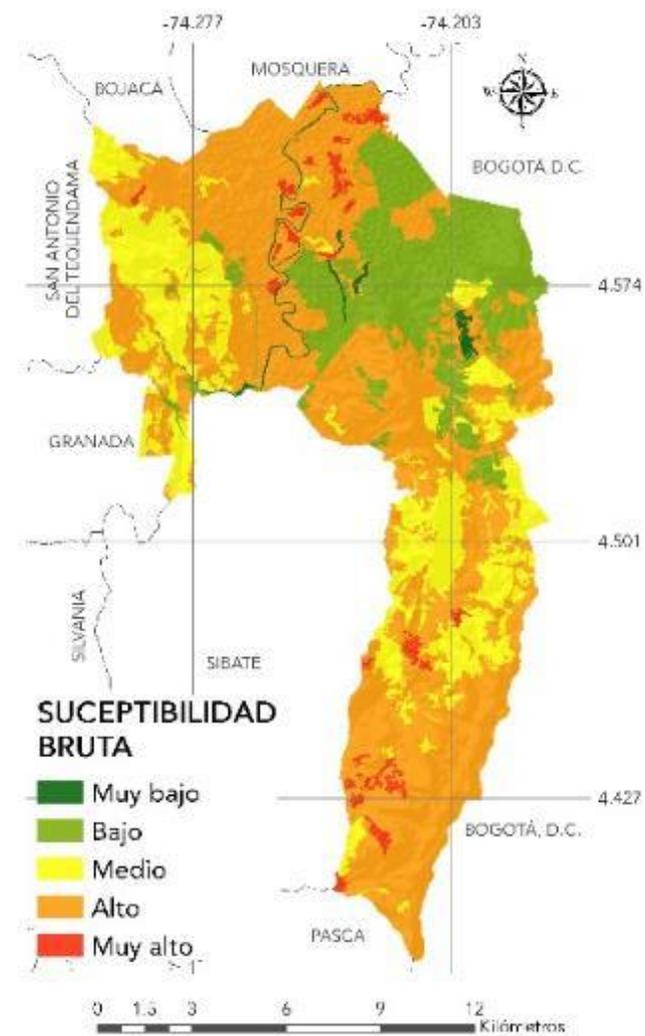
# Susceptibilidad Bruta (SB)

3



$$SUCS = CAL(tc) * CAL(if) * CAL(dc) * CAL(cc)$$

Tipo de combustibles		Influencia del fuego sobre los ecosistemas		Duración de los combustibles		Carga total	
No combustible	1	No Influidos	1	No combustibles	1	Muy baja	1
Árboles	2	Independientes	2	>100 horas	3	Baja	2
Arbustos	3	Sensibles	3	10 horas	4	Moderada	3
Hierbas	4	Influidos	4	1 hora	5	Alta	4
Mosaicos - Pastos	5	Dependientes	5			Muy Alta	5





# Susceptibilidad Neta (SN)

4



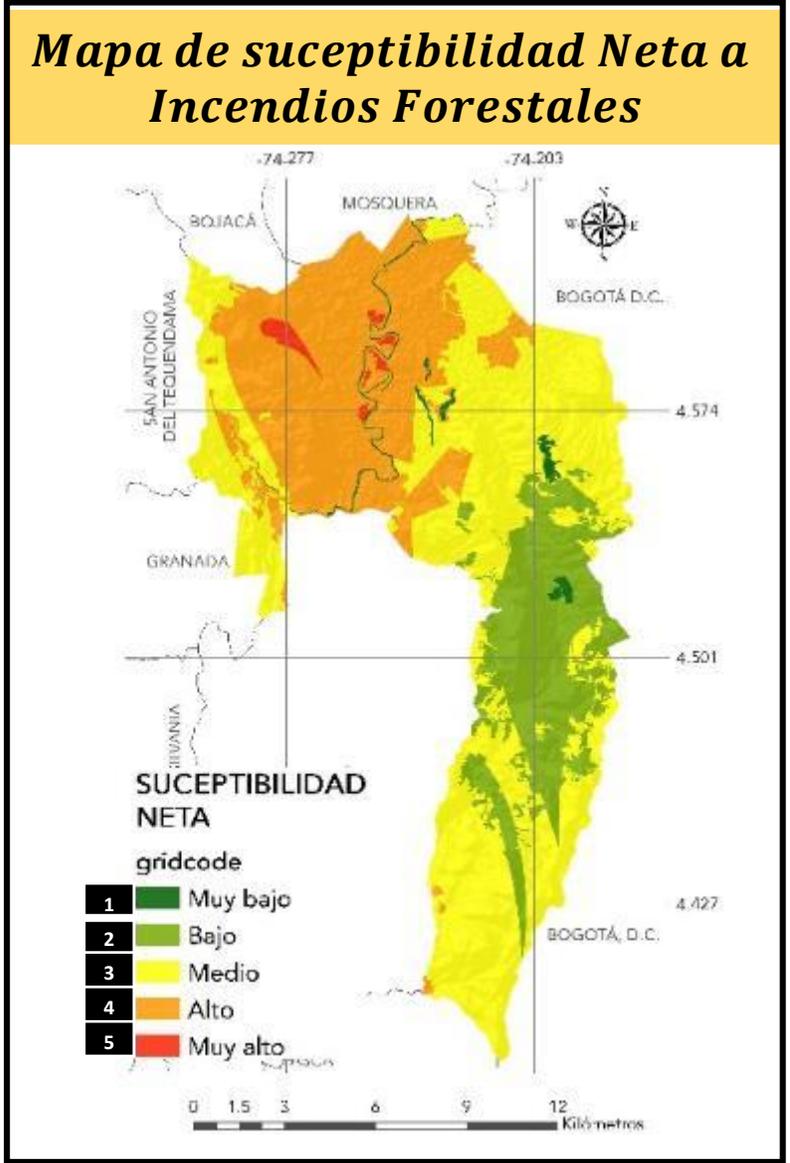
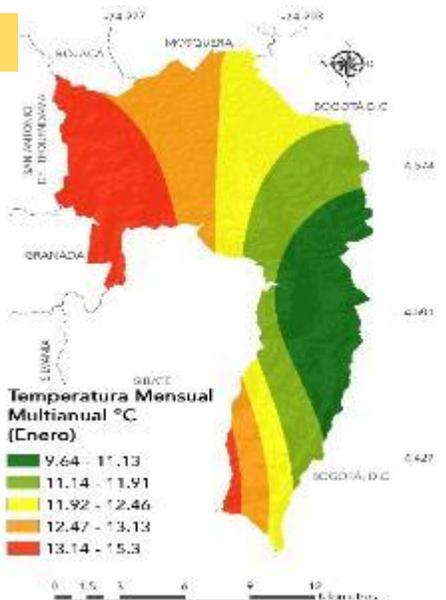
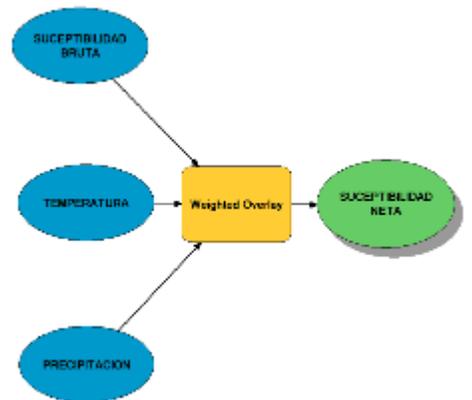
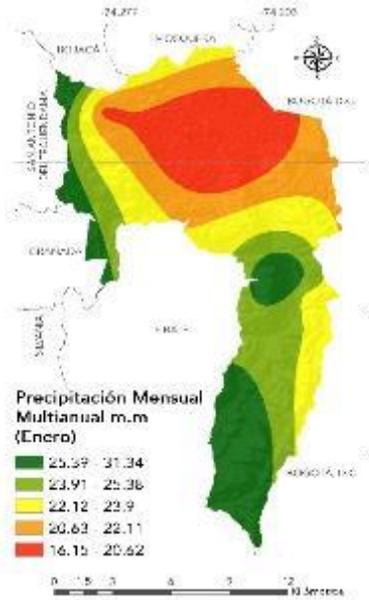
- Promedios mensuales (mm) para el periodo comprendido entre 1981 y 2010 en (66) estaciones.

Método de interpolación	IDW	Kriging ordinario exponencial	Kriging Ordinario esférico
RMS	9,0783	8,8955	9,1552

- Promedios mensuales (C°) para el periodo comprendido entre 1981 y 2010 en Diecisiete (17) estaciones.

Método de interpolación	IDW	Kriging ordinario exponencial	Kriging Ordinario esférico
RMS	4,0522	4,0238	3,6325

$$SUCN = SUCB * CAL(ppt) * CAL(t)$$





# Susceptibilidad a Incendios en GEE

Scripts Docs Assets

Vulnerabilidad a Incendios

```
424 // set position of panel
425 var legend = ui.Panel({
426   style: {
427     position: 'bottom-left',
428     padding: '8px 15px'
429   });
430
431 // Create legend title
432 var legendTitle = ui.Label({
433   value: 'Susceptibilidad de la Vegetación a Incendios',
434   style: {fontWeight: 'bold',
435           fontSize: '18px',
436           margin: '0 0 4px 0',
437           padding: '0'
438         });
439
440
```

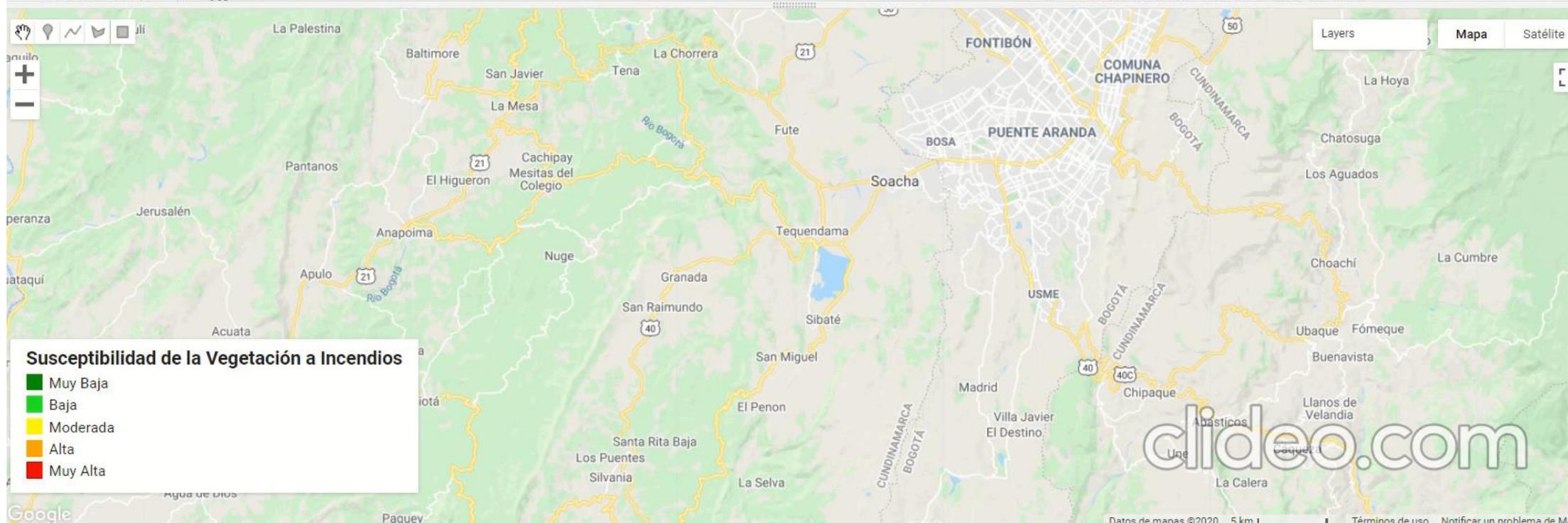
Inspector Console Tasks

constant: masked

RGB: Image (23 bands)

Band	Value
B4	0.08
B7	0.23
B9	0.28
AOT	0.11
TCI_R	0.01
MSK_CLDPRB	0.01
QA20	0.01

Cobertura del suelo: Image (1 band)





# Conclusiones

- Esta metodología permite la determinación de la **susceptibilidad de incendios** de la cobertura vegetal a escala semidetallada mediante el uso de imágenes **Sentinel 2** y/o **datos complementarios** con suficiente resolución **espacial y temporal**.
- Su implementación en cualquier región es posible, gracias al uso de **información geoespacial de libre acceso, dispuesta** por organismos de orden nacional e internacional.
- Un mayor conocimiento de áreas vulnerables a Incendios, permitirá una **mejor gestión del riesgo** por incendios de la cobertura vegetal. Convirtiendo este producto **insumo fundamental para avanzar** en estudios de amenaza por fuego en el orden local.
- El **modelo de combustible** planteado, permitiría determinar estimar la carga total de combustible, **reduciendo la subjetividad** en la definición e importancia de cada una de las variables.

## Recomendaciones

---

- Es necesario **evaluar/validar el comportamiento de los índices propuestos** en otras **regiones/países**, para una mejor caracterización de biomasa o combustible.
- Es importante **continuar avanzando** en la incorporación de **variables externas** (físicas, hidrometeorológicas, biomasa) con el mismo nivel de detalle, que permita la evaluación de amenazas a nivel local.

# Gracias

Para mayor información visite:

<http://www.un-spider.org/>  
<https://github.com/UN-SPIDER>  
<https://alexanderariza.github.io/>

Alexander Ariza  
Visitante Científico  
Programa ONU-SPIDER-UNOOSA



UNITED NATIONS  
Office for Outer Space Affairs  
[www.unoosa.org](http://www.unoosa.org) • @UNOOSA