



CELESTE GEOImpact

Plataforma geoespacial de justicia climática de FEJUC

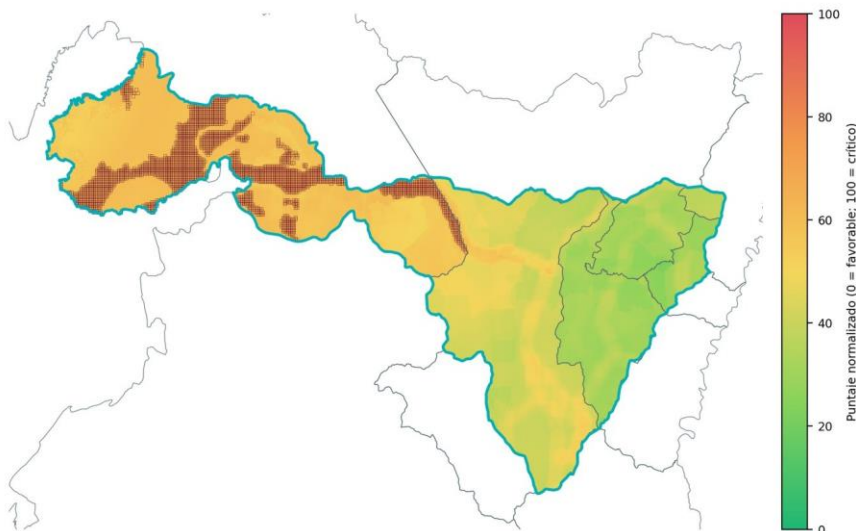
INFORME TÉCNICO INTEGRAL Y DE LÍNEA BASE

Análisis de justicia climática y sostenibilidad territorial

Subzona Hidrográfica 5311 · Dagua · Buenaventura · Bahía Málaga

Índice Geoespacial de Justicia Climática - SZH 5311

Malla de 250 m; 31.026 celdas. Pesos base: 25-20-20-15-15-5.



47,3/100	31.026	116	40
IGJC territorial	celdas de 250 m	veredas analizadas	áreas RUNAP

Dirección institucional: Federación para la Justicia
Climática (FEJUC)

Autoría técnica, conceptual y metodológica: Juan Sebastián
Debia Erazo

Versión 1.0 · Fecha de corte: 2 de agosto de 2026 ·
Colombia



Análisis
oficial

Créditos, autoría y condiciones de uso

Aviso de atribución y reserva de derechos

© 2026 Federación para la Justicia Climática (FEJUC) y Juan Sebastián Debia. Todos los derechos reservados sobre la redacción original del informe, la expresión del diseño metodológico, el código y la arquitectura desarrollados para CELESTE GEOImpact, las cartografías derivadas, las visualizaciones y la selección u organización original de la base de datos, sin perjuicio de los derechos, licencias y deberes de atribución correspondientes a las fuentes oficiales y a terceros.

La autoría moral de los aportes técnicos y metodológicos atribuidos en este documento corresponde a Juan Sebastián Debia. La marca, publicación institucional, operación de la plataforma y los activos desarrollados en el marco de FEJUC se reconocen a la Federación para la Justicia Climática, de acuerdo con los instrumentos contractuales, estatutarios o de licencia que resulten aplicables. Este aviso no sustituye un contrato de cesión o licencia de derechos patrimoniales entre las partes.

En el régimen andino y colombiano, las ideas, métodos o conceptos abstractos no se protegen por derecho de autor en sí mismos; sí se protege su forma original de expresión, incluidos textos, programas de ordenador, mapas, ilustraciones y bases de datos cuya selección o disposición sea original. El registro ante la Dirección Nacional de Derecho de Autor es declarativo y constituye un medio probatorio relevante.

Ficha de control documental

Campo	Contenido
Título	Informe técnico integral y de línea base: análisis de justicia climática y sostenibilidad territorial de la SZH 5311
Código documental	CELESTE-IGJC-SZH5311-IT-001
Versión	1.0
Fecha de corte	2 de agosto de 2026
Ámbito	Subzona Hidrográfica 5311: Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga
Autoría técnica	Juan Sebastián Debia
Dirección institucional	Federación para la Justicia Climática (FEJUC)
Plataforma oficial	https://szh5311.fejuc.org/
Condición de uso	Documento técnico de línea base, sujeto a actualización por nuevos datos, validación territorial y control de versiones.

Forma recomendada de citación

Cita institucional sugerida

Federación para la Justicia Climática - FEJUC y Debia, J. S. (2026). Informe técnico integral y de línea base: análisis de justicia climática y sostenibilidad territorial de la Subzona Hidrográfica 5311. CELESTE GEOImpact, versión 1.0. Colombia.

Resumen ejecutivo

La SZH 5311 presenta una brecha de justicia climática de nivel medio en el agregado territorial, pero con un patrón espacial fuertemente desigual: el litoral Pacífico y el eje bajo del río Dagua concentran las condiciones más desfavorables, mientras el sector oriental muestra resultados comparativamente más bajos. El promedio no debe ocultar esa heterogeneidad.

El Índice Geoespacial de Justicia Climática (IGJC) de CELESTE GEOImpact integra amenaza climática, exposición, sensibilidad socioeconómica, déficit de capacidad adaptativa, presión ambiental y desprotección territorial. El modelo opera sobre una malla de 250 m con 31.026 celdas, se agrega a 116 veredas y permite recomponer los seis dominios en el navegador con pesos transparentes y datos precalculados mediante Python.

47,3 IGJC medio Brecha climática relevante que exige intervención diferenciada.	70,6 % medio-alto 57,6 % de celdas en nivel medio y 13,0 % en nivel alto.	58,5 Buenaventura Mayor promedio municipal en la porción de la SZH analizada.
76,7 desprotección Dominio con mayor media; expresa ausencia o insuficiencia de figuras de protección en la celda.	56,8 sensibilidad La desigualdad socioeconómica es el principal condicionante estructural.	±1,64 robustez Desviación mediana del IGJC bajo perturbación moderada de pesos.

Hallazgos sustantivos

- La distribución territorial es asimétrica. El 29,4 % de las celdas se clasifica en nivel bajo, el 57,6 % en nivel medio y el 13,0 % en nivel alto; no hay celdas en los extremos absolutos “muy bajo” o “crítico” bajo los umbrales institucionales de la plataforma.
- Buenaventura registra un promedio de 58,5 puntos en la porción intersectada, frente a 44,5 en Dagua y valores cercanos o inferiores a 33 en La Cumbre, Restrepo y Vijes. Las intersecciones muy pequeñas de Cali, Calima y Yumbo no admiten inferencias municipales generales.
- Las veredas con mayores promedios incluyen Córdoba, Guadualito, Zabaletas, Gamboa, Bajo Calima, Zacarías y Bazán, todas en Buenaventura. El resultado combina alta sensibilidad social con amenaza climática y déficits de protección o acceso.
- El sistema hídrico dispone de una oferta natural alta, pero el ENA 2022 reporta alteración potencial de la calidad del agua en categoría alta para año medio y seco, y erosión hídrica potencial anual severa. La sostenibilidad depende más de la calidad, la distribución, el acceso y la gobernanza que de la disponibilidad volumétrica agregada.
- La priorización no equivale a una declaración formal de riesgo, vulnerabilidad jurídica ni afectación individual. Es una línea base geoespacial para focalizar verificación de campo, participación comunitaria, POMCA, inversiones y control social.

Decisión principal

Prioridad territorial

Concentrar la primera fase de intervención y validación en el corredor Buenaventura - bajo Dagua y en las veredas del litoral y de los principales tributarios que aparecen de manera persistente en el decil superior del IGJC. La respuesta debe combinar adaptación climática, justicia hídrica, servicios básicos, conectividad, gobernanza comunitaria, restauración y control de presiones.

Contenido

Sección	Contenido
1	Introducción
2	Objetivos, alcance y criterios de interpretación
3	Antecedentes territoriales, hídricos e institucionales
4	CELESTE GEOImpact: plataforma, datos y arquitectura
5	Metodología precisa del IGJC
6	Resultados del análisis territorial
7	Interpretación desde la justicia climática
8	Diagnóstico de sostenibilidad territorial
9	Territorios prioritarios y plan de acción
10	Conclusiones
11	Limitaciones, validez y uso responsable
12	Recomendaciones para evolución e institucionalización
13	Autoría, derechos de propiedad intelectual y protección
14	Referencias
A-E	Anexos metodológicos, territoriales y de reproducibilidad

El PDF contiene marcadores de navegación para todos los títulos y subtítulos.

Siglas y abreviaturas

Sigla	Definición
CELESTE	Plataforma geoespacial de FEJUC para lectura territorial de justicia climática.
CNPV	Censo Nacional de Población y Vivienda.
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
ENA	Estudio Nacional del Agua.

Sigla	Definición
FEJUC	Federación para la Justicia Climática.
IGJC	Índice Geoespacial de Justicia Climática.
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.
IPM	Índice de Pobreza Multidimensional.
OSM	OpenStreetMap.
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica.
RUNAP	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
SZH	Subzona Hidrográfica.

1. Introducción

La crisis climática se expresa de manera territorialmente desigual. Un mismo evento hidroclimático produce efectos distintos según la exposición de personas y ecosistemas, las condiciones socioeconómicas, el acceso a infraestructura, la capacidad institucional y comunitaria, y la distribución de cargas y beneficios ambientales. Por ello, una lectura de justicia climática no se limita a estimar amenazas físicas: examina quiénes soportan el riesgo, con qué capacidades cuentan, qué derechos pueden ejercer y cómo se distribuyen las decisiones y los recursos.

La Subzona Hidrográfica 5311 —Dagua - Buenaventura - Bahía Málaga— conecta la vertiente occidental de la cordillera Occidental con el litoral Pacífico. Esta continuidad hidroecológica reúne gradientes climáticos extremos, infraestructura estratégica, áreas de conservación, asentamientos rurales y urbanos, comunidades étnicas y campesinas, y presiones asociadas al transporte, la ocupación, la degradación y la calidad del agua. En consecuencia, los promedios municipales o sectoriales son insuficientes para orientar decisiones.

CELESTE GEOImpact responde a esta necesidad mediante un índice geoespacial reproducible, trazable y ajustable. El IGJC integra seis dominios y permite observar la variación interna de la SZH en una malla fina, consultar agregaciones por vereda y modificar pesos sin ocultar la ausencia de información. Este informe documenta el modelo, presenta los resultados y establece una interpretación de sostenibilidad territorial.

1.1 Propósito

Producir una lectura integral, verificable y territorializada de las brechas de justicia climática y sostenibilidad de la SZH 5311, documentando de manera precisa el método de CELESTE GEOImpact y estableciendo prioridades de intervención, seguimiento e investigación.

1.2 Preguntas orientadoras

- ¿Dónde se concentran las mayores brechas climáticas dentro de la SZH 5311?
- ¿Qué dominios explican la desigualdad territorial observada?
- ¿Qué diferencias aparecen entre el litoral Pacífico, el corredor del río Dagua y el sector oriental?
- ¿Qué tan estable es la priorización frente a cambios razonables en los pesos?
- ¿Qué acciones mejoran simultáneamente justicia climática, resiliencia y sostenibilidad?

2. Objetivos, alcance y criterios de interpretación

2.1 Objetivo general

Evaluar la justicia climática y la sostenibilidad territorial de la SZH 5311 mediante un índice geoespacial compuesto, reproducible y multiescalar que permita identificar brechas, priorizar territorios y orientar decisiones públicas, comunitarias y de cooperación.

2.2 Objetivos específicos

- Integrar variables climáticas, ambientales, sociales, de infraestructura y protección en una unidad espacial común de 250 m.
- Cuantificar seis dominios del IGJC y documentar su ponderación, normalización, cobertura y tratamiento de datos faltantes.
- Caracterizar la distribución espacial del índice a escala de celda, vereda y porción municipal intersectada.
- Evaluar la sensibilidad de los resultados frente a escenarios alternativos de ponderación.
- Formular conclusiones, limitaciones, medidas prioritarias y recomendaciones para institucionalizar la plataforma.

2.3 Unidad territorial y periodo

El ámbito corresponde al polígono oficial de la SZH 5311. El IDEAM reporta un área de referencia aproximada de 1.935 km². La malla empleada contiene 31.026 celdas de 250 m; por inclusión del centroide y discretización, representa cerca de 1.939 km². La diferencia es esperable en un modelo rasterizado y no sustituye el área oficial.

Las fuentes poseen vigencias heterogéneas. La climatología corresponde principalmente a periodos de referencia publicados por IDEAM; los datos censales se basan en CNPV 2018, con un campo heredado de analfabetismo cuya denominación remite a 2005; la división veredal utiliza DANE 2024; RUNAP y OSM reflejan el corte integrado en 2026. Esta heterocronía se declara como limitación y exige actualización progresiva.

2.4 Regla de lectura

Interpretación

Un puntaje alto indica una combinación relativamente más desfavorable de amenaza, exposición, sensibilidad, déficit de capacidad, presión y desprotección. No representa probabilidad de desastre, daño monetario esperado ni diagnóstico individual. Es un índice de priorización territorial.

3. Antecedentes territoriales, hídricos e institucionales

3.1 Delimitación y estructura territorial

La SZH 5311 articula sectores de Buenaventura, Dagua, La Cumbre, Restrepo, Vijes, Yotoco y pequeñas intersecciones de Cali, Calima y Yumbo. Su configuración longitudinal conecta el litoral Pacífico, el corredor del río Dagua y las cabeceras andinas. Esta forma territorial produce un gradiente simultáneo de precipitación, temperatura, accesibilidad, densidad de infraestructura, servicios y figuras de protección.

Índice Geoespacial de Justicia Climática - SZH 5311

Malla de 250 m; 31.026 celdas. Pesos base: 25-20-20-15-15-5.

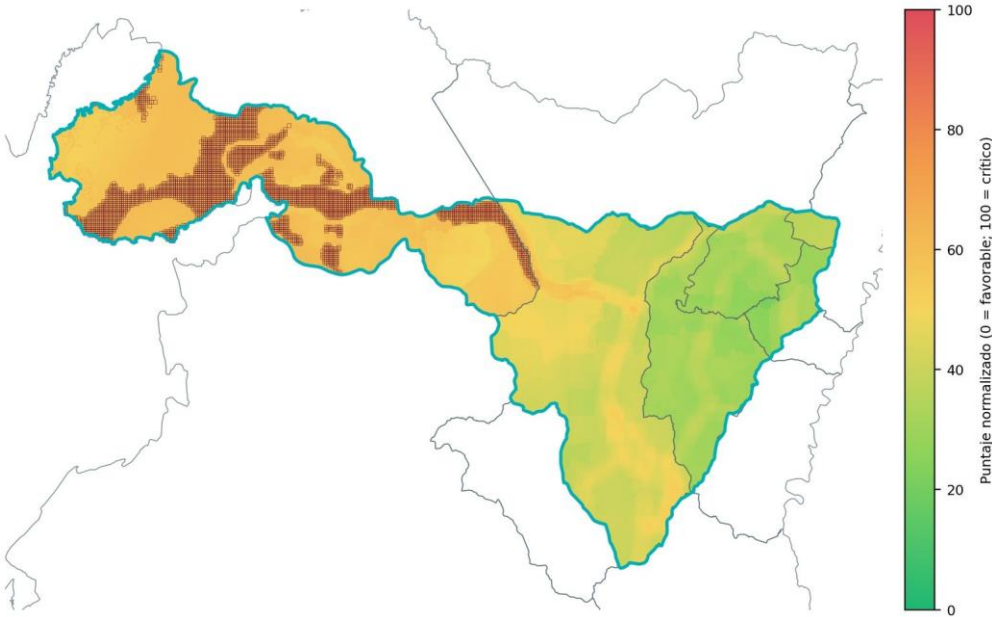


Figura 1. Distribución espacial del IGJC en la SZH 5311. La trama resalta el decil superior de priorización.

3.2 Antecedentes hídricos del ENA 2022

El Estudio Nacional del Agua 2022 reporta para la SZH 5311 un índice de regulación hídrica de 0,8 en categoría moderada; un índice de uso del agua muy bajo en año medio (1,0) y bajo en año seco (2,6); vulnerabilidad hídrica baja; y alteración potencial de la calidad del agua alta en año medio y seco. Esto indica que la brecha territorial no puede explicarse por escasez volumétrica agregada: la calidad, el acceso, la exposición y las capacidades son determinantes.

Indicador ENA 2022	Valor / categoría	Lectura para justicia climática
Área de referencia	1.935 km²	Marco oficial de comparación territorial.
IRH	0,8 · Moderada	Capacidad de regulación relevante, pero no elimina variabilidad estacional ni local.
IUA año medio	1,0 · Muy bajo	La demanda agregada es baja respecto de la oferta.
IUA año seco	2,6 · Bajo	El estrés por uso aumenta en sequía, aunque continúa en categoría baja.
IVH	Baja	La vulnerabilidad hídrica agregada no refleja por sí sola brechas locales de

Indicador ENA 2022	Valor / categoría	Lectura para justicia climática
		acceso.
IACAL	Alta en año medio y seco	La calidad del agua constituye una señal prioritaria de sostenibilidad.
Erosión hídrica potencial anual	43,6 t/ha/año · Severa	Presión sobre suelos, sedimentos, cauces e infraestructura.

En términos de balance, el ENA 2022 registra oferta total de 9.408,5 millones de ms en año húmedo, 4.434,6 millones de ms en año medio y 1.716,8 millones de ms en año seco; oferta disponible de 5.906,5, 2.784,0 y 1.077,8 millones de ms, respectivamente; y demanda total de 26,9 millones de ms. También reporta una zona potencialmente inundable de 81,6 km², de la cual 34,4 km² presenta transformación, equivalente al 42 %.

3.3 Priorización institucional

La documentación técnica de CVC ha ubicado la SZH 5311 en categoría de priorización “muy alta”, con puntaje 5,8383 y tercer lugar en el ejercicio citado. Este antecedente refuerza la necesidad de ordenación, seguimiento y articulación interinstitucional, pero no debe confundirse con la adopción o el estado administrativo de un POMCA específico.

3.4 Justicia climática como marco

El IPCC define el riesgo climático como resultado de la interacción dinámica entre amenazas, exposición y vulnerabilidad. CELESTE amplía esa estructura para incorporar presión ambiental, protección y gobernanza, porque la justicia climática incluye dimensiones distributivas, procedimentales, de reconocimiento e intergeneracionales. El índice no reemplaza el marco de riesgo; lo complementa para evidenciar desigualdades en capacidades, derechos y cargas ambientales.

3.5 Marco normativo relevante

- Ley 1931 de 2018: directrices para la gestión del cambio climático en Colombia e integración de la adaptación y mitigación en la planificación.
- Ley 2273 de 2022: aprobación del Acuerdo de Escazú, con énfasis en acceso a información, participación pública y justicia ambiental.
- Normativa de ordenación de cuencas y gestión integral del recurso hídrico: referencia para articular el resultado con POMCA, PORH, planes de gestión del riesgo y determinantes ambientales.
- Decisión Andina 351 de 1993 y régimen colombiano de derecho de autor: protección de textos, mapas, software y bases de datos originales, con exclusión de ideas o métodos abstractos.

4. CELESTE GEOImpact: plataforma, datos y arquitectura

4.1 Función de la plataforma

CELESTE GEOImpact es una aplicación web geoespacial de acceso público que permite visualizar la malla del IGJC, alternar unidades de análisis, consultar capas, modificar pesos, cambiar el método de clasificación y exportar resultados. Los pesos se renormalizan sobre los dominios con dato, de modo que una ausencia no se convierte en cero.

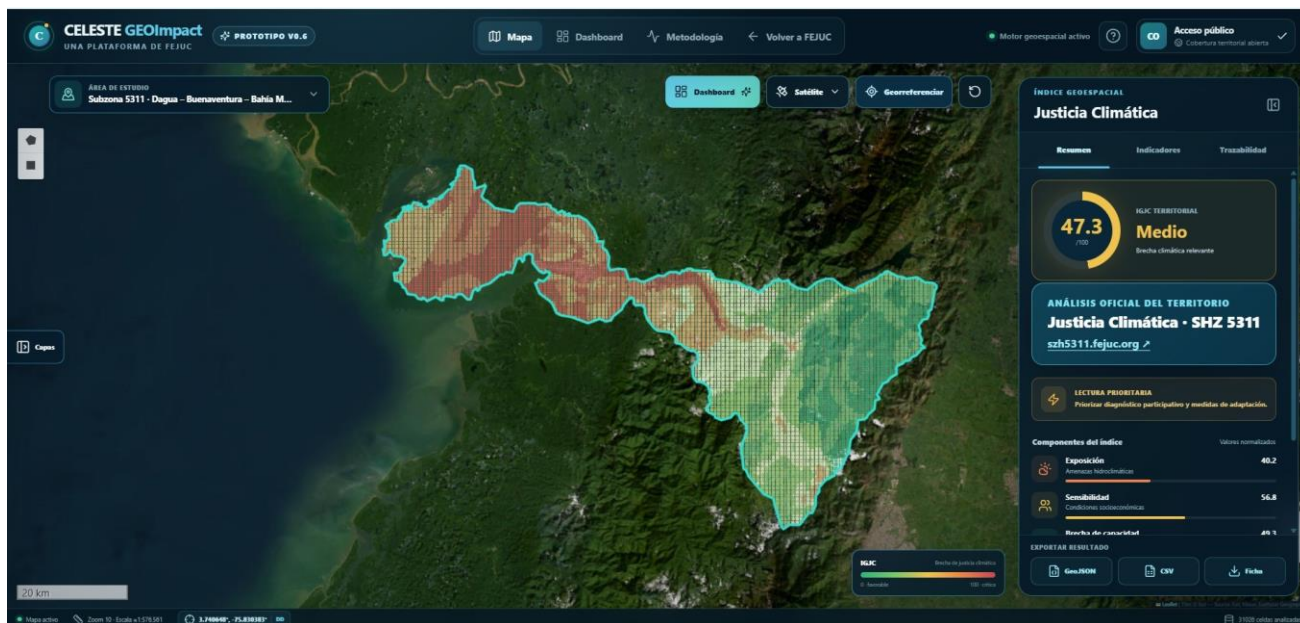


Figura 2. Interfaz de resultados de CELESTE GEOImpact para la SZH 5311. Fuente: plataforma FEJUC, corte 2026.

Análisis oficial: <https://szh5311.fejud.org/>

4.2 Arquitectura técnica

Arquitectura técnica de la plataforma

Aplicación estática, autocontenida y trazable; el cálculo se ejecuta en el navegador con datos precalculados por Python.

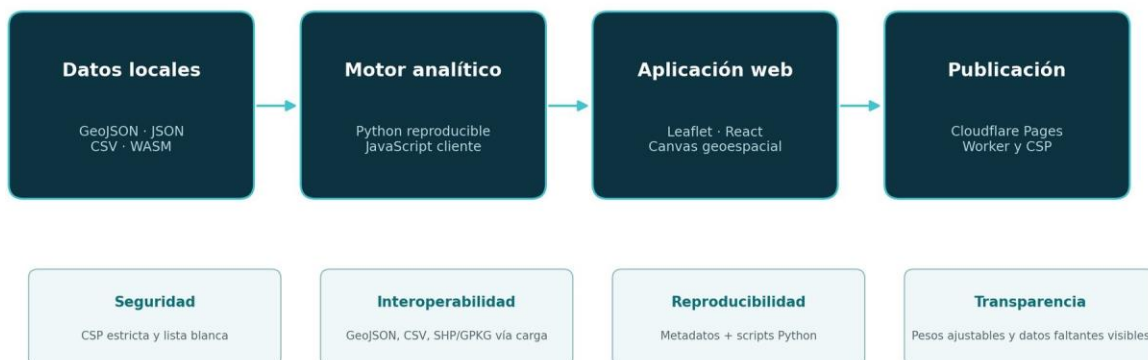


Figura 3. Arquitectura técnica de la plataforma web.

El preprocesamiento se ejecuta en Python y produce objetos estáticos JSON y GeoJSON. La aplicación web, construida con tecnologías cliente y renderizado geoespacial, recombina los seis dominios ya normalizados. El despliegue utiliza Cloudflare Pages y controles de seguridad de contenido. Esta arquitectura reduce dependencias de servidor y facilita auditoría, portabilidad y reproducción.

4.3 Inventario de datos integrado

Insumo	Fuente	Vigencia / escala	Uso en el modelo
Límite SZH 5311	IDEAM	Polígono oficial	Delimitación del área de estudio.
Precipitación	IDEAM	Normal climatológica 1991-2020	Amenaza climática.
Temperatura	IDEAM	Media anual 1981-2010	Amenaza térmica.
Aridez, déficit y exceso hídrico	IDEAM / ENA	Superficies publicadas	Balance hídrico y presión.
Evaporación	IDEAM	Promedio multianual 1981-2010	Demanda atmosférica; no equivale a evapotranspiración.
Red vial y caminos	IGAC / INVÍAS / OSM	Vector lineal	Acceso, aislamiento y presión.
Drenajes	IGAC / fuentes abiertas	Vector lineal	Exposición y proximidad hídrica.
Escuelas	Fuentes integradas del proyecto	Puntos	Acceso a educación y exposición.
IPM y servicios	DANE CNPV 2018	Municipal / censal agregado	Sensibilidad y capacidad adaptativa.
Analfabetismo	DANE, campo heredado 2005	Municipal	Sensibilidad; requiere actualización.
Veredas	DANE 2024	116 polígonos	Agregación territorial.
Áreas protegidas	RUNAP, corte 2026	40 registros intersectados	Protección/desprotección.

4.4 Catálogo y materialización

El catálogo territorial contiene 108 fichas potenciales. Este número representa la hoja de ruta de información de la plataforma, no 108 capas activas en el cálculo. El IGJC v1.0 utiliza únicamente los insumos materializados y documentados en los archivos de datos; las demás fichas sirven para gestión, futura integración o sustitución de proxies.

5. Metodología precisa del IGJC

Flujo metodológico de CELESTE GEOImpact

Arquitectura reproducible del Índice Geoespacial de Justicia Climática (IGJC) para la SZH 5311.



Figura 4. Flujo metodológico reproducible del IGJC.

5.1 Modelo conceptual

La unidad básica del IGJC es una celda j. En ella se calculan indicadores normalizados y seis dominios. Todos los dominios están orientados de forma que un valor alto represente una condición más desfavorable. El índice final se expresa de 0 a 100.

Estructura del índice

IGJC = Amenaza + Exposición + Sensibilidad + Déficit de capacidad adaptativa + Presión ambiental e inequidad distributiva + Desprotección territorial, combinados mediante pesos explícitos y redistribuidos cuando un dominio carece de información.

5.2 Unidad de análisis

Se construyó una malla regular de 250 m. Para cada celda cuyo centro se encuentra dentro del polígono oficial se almacenan seis valores de dominio. La malla permite reconocer variación interna que desaparece en promedios municipales o veredales. Su resolución no debe interpretarse como precisión geométrica de 250 m para variables originalmente municipales o climáticas de menor detalle.

5.3 Sistema de dominios y pesos

Dominio	Peso base	Indicadores y pesos internos
Amenaza climática y multiamenaza	25 %	precipitacion (28 %), exceso hidrico (20 %), deficit hidrico (18 %), temperatura (17 %), aridez (9 %), evapotranspiracion (8 %)
Exposición humana, ecosistémica e infraestructura	20 %	densidad vias (35 %), densidad escuelas (30 %), densidad drenaje (20 %), prox drenaje (15 %)
Sensibilidad socioeconómica y territorial	20 %	ipm (50 %), analfabetismo (30 %), deficit educacion (20 %)
Déficit de capacidad adaptativa	15 %	sin acueducto (24 %), sin alcantarillado (24 %), sin internet (20 %), sin energia (12 %), dist

Dominio	Peso base	Indicadores y pesos internos
		escuela (12 %), dist vía (8 %)
Presión ambiental e inequidad distributiva	15 %	prox vía primaria (35 %), densidad vías (25 %), aridez (20 %), prox drenaje (20 %)
Protección, derechos y gobernanza	5 %	desproteccion (100 %)

La interfaz histórica de la versión 0.6 conserva cuatro macrocontroles. Para mantener compatibilidad, “Exposición” agrupa amenaza (25 %) y exposición (20 %); “Sensibilidad” conserva 20 %; “Capacidad” conserva 15 %; y “Gobernanza” agrupa presión (15 %) y protección/desprotección (5 %). El motor analítico mantiene, sin embargo, los seis dominios independientes.

5.4 Preparación espacial

1. Armonización de coordenadas y geometrías; reparación de geometrías inválidas cuando corresponde.
2. Recorte por el polígono oficial de la SZH 5311.
3. Cálculo de densidades lineales y puntuales, distancias euclidianas y asignación de valores municipales.
4. Conversión de coberturas de servicios a privaciones: sin acueducto, sin alcantarillado, sin energía y sin internet.
5. Cálculo de desprotección por presencia o ausencia relativa de áreas RUNAP en la celda.

5.5 Normalización robusta

Para cada indicador x se estiman los percentiles 2 y 98 dentro de la SZH. El valor normalizado se calcula así:

Ecuación 1

$z_{ij} = \text{clip}[(x_{ij} - Q_2) / (Q_{98} - Q_2), 0, 1]$. Cuando un valor alto representa una condición favorable, se aplica $z^*_{ij} = 1 - z_{ij}$.

El recorte percentilar evita que valores extremos compriman la variación del resto del territorio. Se invierten proximidad a vía primaria, años de educación y densidad de escuelas. Las distancias a drenaje, escuela y vía permanecen directas porque una mayor distancia representa menor acceso o mayor aislamiento en el modelo actual.

5.6 Composición de dominios y datos faltantes

Los datos faltantes no se sustituyen por cero. Para el dominio d en la celda j , la media ponderada se calcula exclusivamente con indicadores disponibles:

Ecuación 2

$D_{dj} = \sum_i (w_i \cdot z_{ij} \cdot l_{ij}) / \sum_i (w_i \cdot l_{ij})$, donde $l_{ij} = 1$ si el indicador está disponible y 0 en caso contrario.

Se registra además la cobertura efectiva del dominio como proporción del peso interno disponible. En el conjunto actual, todos los dominios alcanzan 100 % de cobertura espacial salvo sensibilidad, con 99,92 %. La cobertura espacial no equivale a actualidad o precisión temática.

5.7 Cálculo compuesto

Ecuación 3

$IGJC_j = 100 \times \sum_d (W_d \cdot D_{dj} \cdot l_{dj}) / \sum_d (W_d \cdot l_{dj})$. Pesos base: 25-20-20-15-15-5.

La renormalización conserva la suma de pesos disponibles y evita penalizar artificialmente una celda por ausencia de datos. La plataforma recalcula el índice en el navegador cuando el usuario modifica los pesos, sin rehacer el preprocesamiento de indicadores.

5.8 Agregación veredal y municipal

Para cada vereda se identifican los centros de celda contenidos en el polígono y se calcula la media aritmética de cada dominio. Se registra el número de celdas que soporta el promedio. Las geometrías se simplifican con una tolerancia

aproximada de 22 m para optimizar la web. Los resultados municipales corresponden únicamente a la porción del municipio intersectada por la SZH.

5.9 Clasificación cartográfica

La visualización predeterminada usa siete clases cuantílicas calculadas sobre la población mostrada. También están disponibles Jenks y intervalos iguales. Para comunicar el estado agregado, el dashboard utiliza bandas absolutas: 0-<20 muy bajo; 20-<40 bajo; 40-<60 medio; 60-<80 alto; 80-100 crítico. Las clases cuantílicas son relativas; las bandas absolutas son comparables dentro de la versión metodológica.

5.10 Trazabilidad y reproducibilidad

- Metadatos por dominio, pesos e indicadores.
- Rangos P2-P98 guardados en `igjc_meta.json`.
- Malla y veredas en formatos JSON/GeoJSON.
- Scripts Python de adquisición, preparación, construcción y agregación.
- Aplicación estática con cálculo del compuesto en cliente.
- Exportación GeoJSON/CSV y control de versión del paquete.

5.11 Sensibilidad e incertidumbre de pesos

Se evaluaron cuatro escenarios alternativos y una simulación Monte Carlo de 1.000 perturbaciones lognormales alrededor de los pesos base, con dispersión moderada. Se midió el cambio en media, correlación de rangos y coincidencia del decil superior. La prueba evalúa incertidumbre de ponderación, no incertidumbre de las fuentes ni del modelo conceptual.

5.12 Criterios de calidad

Criterio	Aplicación	Riesgo residual
Validez geométrica	Recorte, prueba de contención y reparación/simplificación.	Desajustes de límites y generalización cartográfica.
Validez temática	Variables orientadas a condición desfavorable y metadatos.	Proxies imperfectos y vigencias heterogéneas.
Cobertura	Redistribución de pesos disponibles.	Cobertura no implica exactitud.
Robustez	Escenarios y Monte Carlo de pesos.	No cubre error de medición.
Reproducibilidad	Scripts, archivos locales y fórmulas explícitas.	Dependencia de disponibilidad/licencia de fuentes.
Transparencia	Pesos y faltantes visibles en la web.	La interacción requiere alfabetización de datos.

6. Resultados del análisis territorial

6.1 Resultado general

El IGJC promedio de la SZH 5311 es 47,3 puntos sobre 100, clasificado como medio. La mediana es 47,5, la desviación estándar 11,1 y el rango observado va de 21,3 a 75,2. El percentil 10 es 31,5 y el percentil 90 es 60,8. La proximidad entre media y mediana indica un centro estable, pero el rango y la cartografía muestran desigualdad espacial significativa.

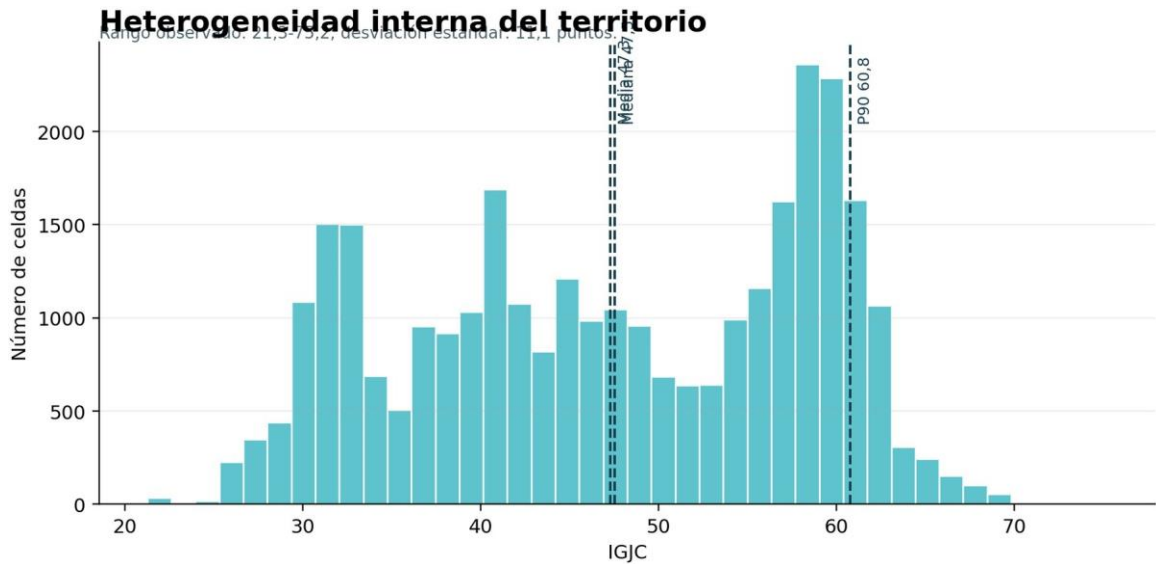


Figura 5. Distribución estadística del IGJC en las 31.026 celdas.

6.2 Distribución por bandas absolutas

Banda	Rango	Celdas	Participación
Muy bajo	0-<20	0	0,0 %
Bajo	20-<40	9.129	29,4 %
Medio	40-<60	17.866	57,6 %
Alto	60-<80	4.031	13,0 %
Crítico	80-100	0	0,0 %

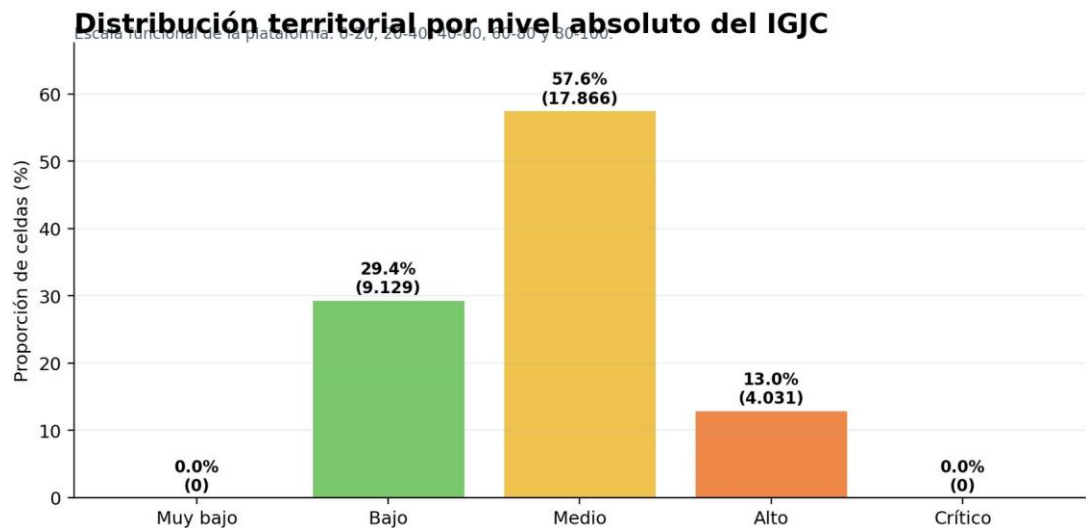


Figura 6. Participación territorial por bandas absolutas del IGJC.

Lectura clave

El 70,6 % de las celdas se encuentra entre nivel medio y alto. El promedio “medio” no significa uniformidad ni ausencia de urgencia; representa una combinación de amplias zonas medias y núcleos altos concentrados en el occidente.

6.3 Patrón espacial y gradiente longitudinal

El mapa evidencia un gradiente occidente-orienté. El litoral, Buenaventura rural y el bajo Dagua concentran puntajes más altos; el corredor medio muestra transición; el sector oriental presenta valores comparativamente menores. Esta estructura combina gradientes climáticos con diferencias socioeconómicas, de accesibilidad y protección.

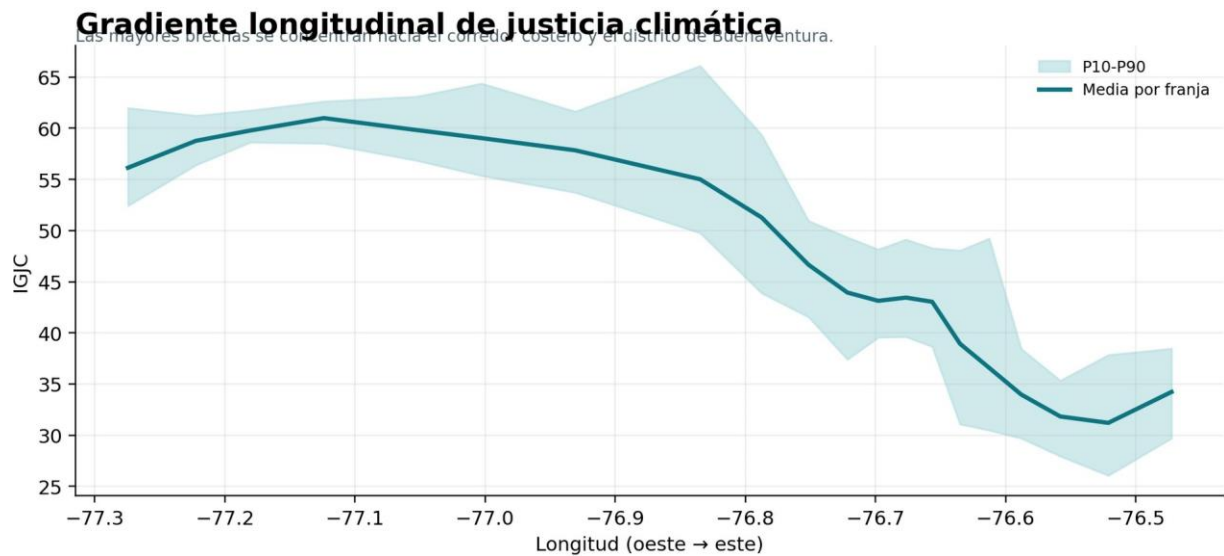


Figura 7. Gradiente longitudinal del IGJC de oeste a este.

6.4 Perfil de dominios

Dominio	Media (0-100)	Interpretación
Amenaza climática y multiamenaza	40,1	Nivel intermedio con máximos en sectores del Pacífico y corredores específicos.
Exposición	40,4	Exposición moderada; depende de proxies

Dominio	Media (0-100)	Interpretación
		de vías, escuelas y drenajes.
Sensibilidad socioeconómica	56,8	Principal condicionante estructural del resultado.
Déficit de capacidad adaptativa	49,3	Brechas relevantes en servicios, conectividad y acceso.
Presión ambiental e inequidad	44,1	Presión media; patrón distinto al de sensibilidad.
Desprotección	76,7	Mayor media; indica que gran parte de las celdas no coincide con protección RUNAP.

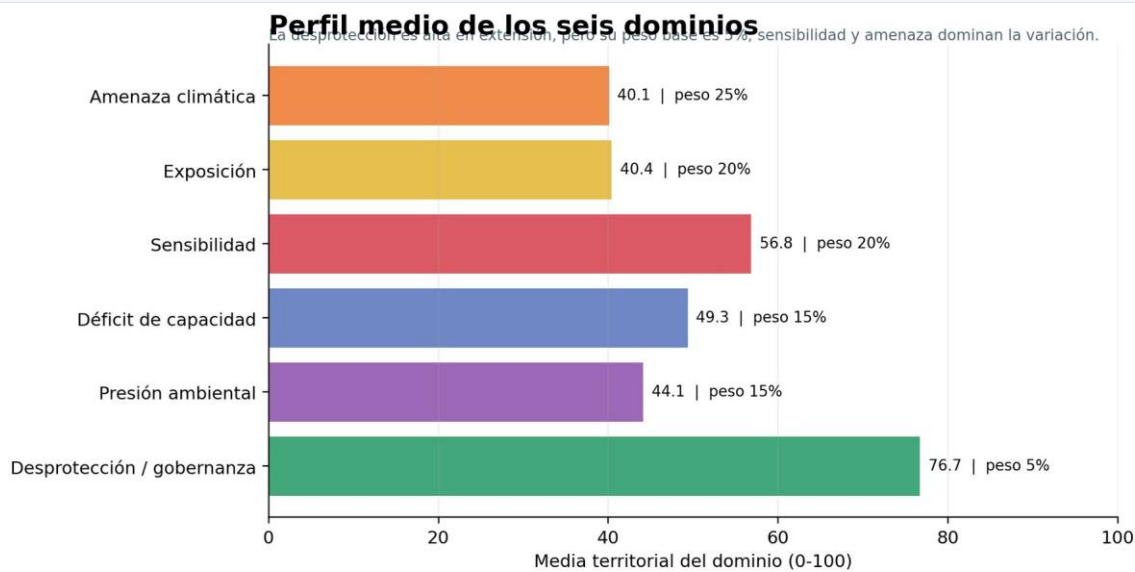


Figura 8. Medias territoriales de los seis dominios.

La sensibilidad socioeconómica y el déficit de capacidad adaptativa explican buena parte de la brecha distributiva. La desprotección alcanza el mayor promedio, pero su peso final es 5 % y el indicador mide coincidencia espacial con RUNAP, no eficacia de manejo ni gobernanza real. La presión ambiental presenta asociaciones espaciales complejas y no debe leerse como causalidad individual.

Amenaza climática - distribución territorial

Dominio amenaza; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

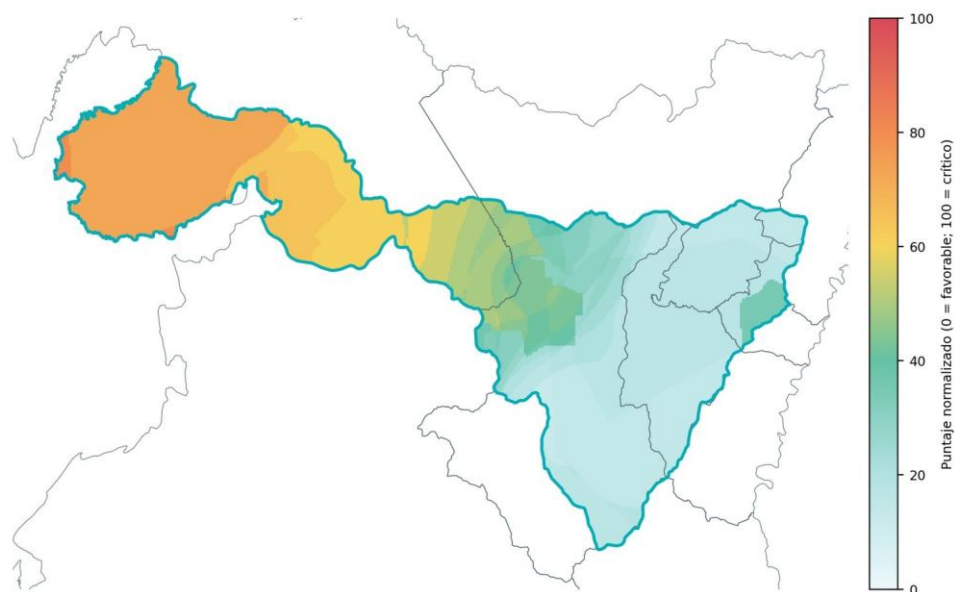


Figura 9. Amenaza climática y multiamenaza.

Exposición - distribución territorial

Dominio exposicion; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

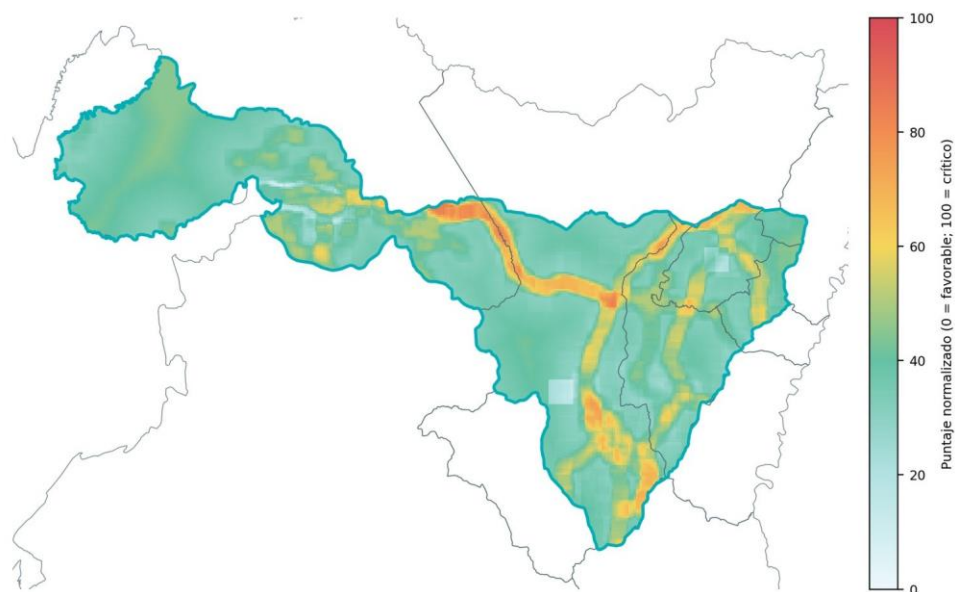


Figura 10. Exposición humana, ecosistémica e infraestructura.

Sensibilidad - distribución territorial

Dominio sensibilidad; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

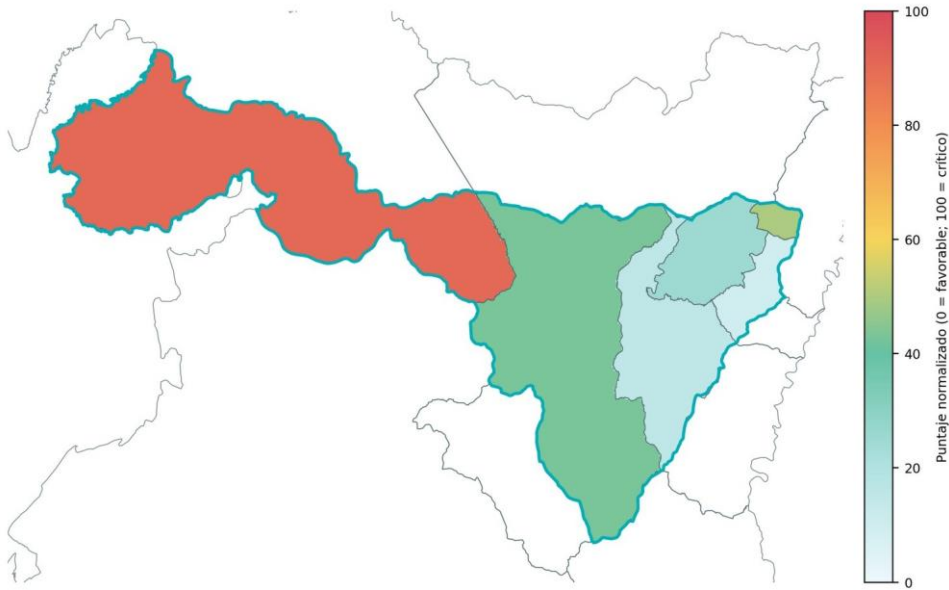


Figura 11. Sensibilidad socioeconómica y territorial.

Déficit de capacidad - distribución territorial

Dominio capacidad; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

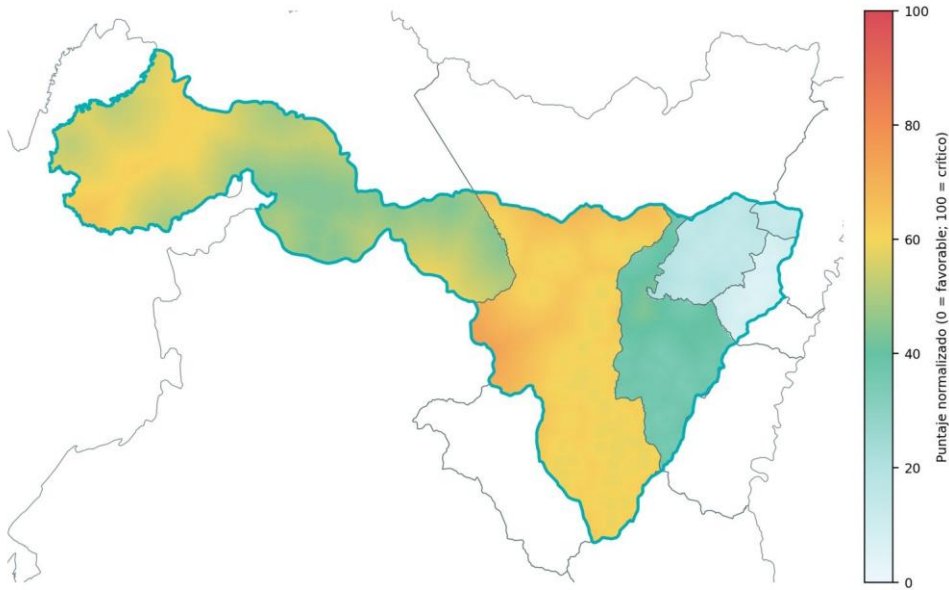


Figura 12. Déficit de capacidad adaptativa.

Presión ambiental - distribución territorial

Dominio presion; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

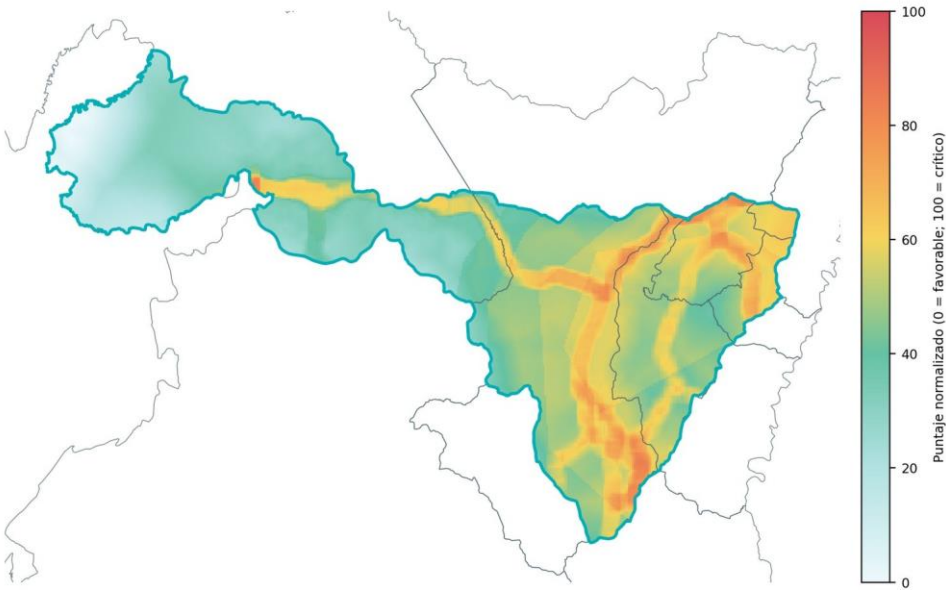


Figura 13. Presión ambiental e inequidad distributiva.

Desprotección / gobernanza - distribución territorial

Dominio proteccion; valores altos indican mayor brecha o injusticia.

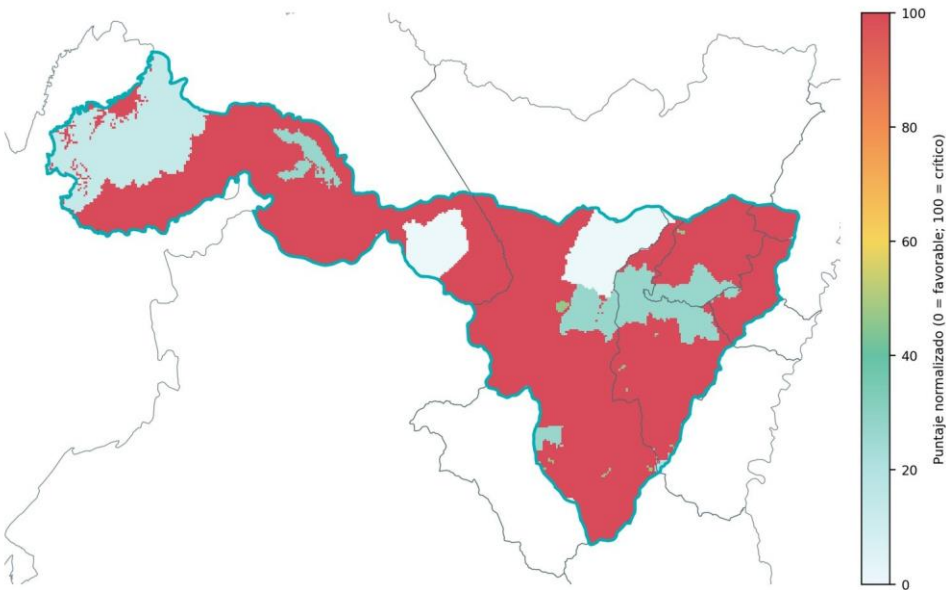


Figura 14. Desprotección territorial.

6.5 Resultados por porción municipal

Municipio	IGJC	Celdas	% de la malla	Nota
Buenaventura	58.5	12.807	41.3 %	
Dagua	44.5	10.468	33.7 %	
Yotoco	37.7	360	1.2 %	
Calima	37.4	25	0.1 %	Precaución: intersección

Municipio	IGJC	Celdas	% de la malla	Nota
				muy pequeña
Cali	33.7	14	0.0 %	Precaución: intersección muy pequeña
Restrepo	32.7	2.174	7.0 %	
La Cumbre	32.5	4.073	13.1 %	
Vijes	30.9	1.067	3.4 %	
Yumbo	23.7	7	0.0 %	Precaución: intersección muy pequeña

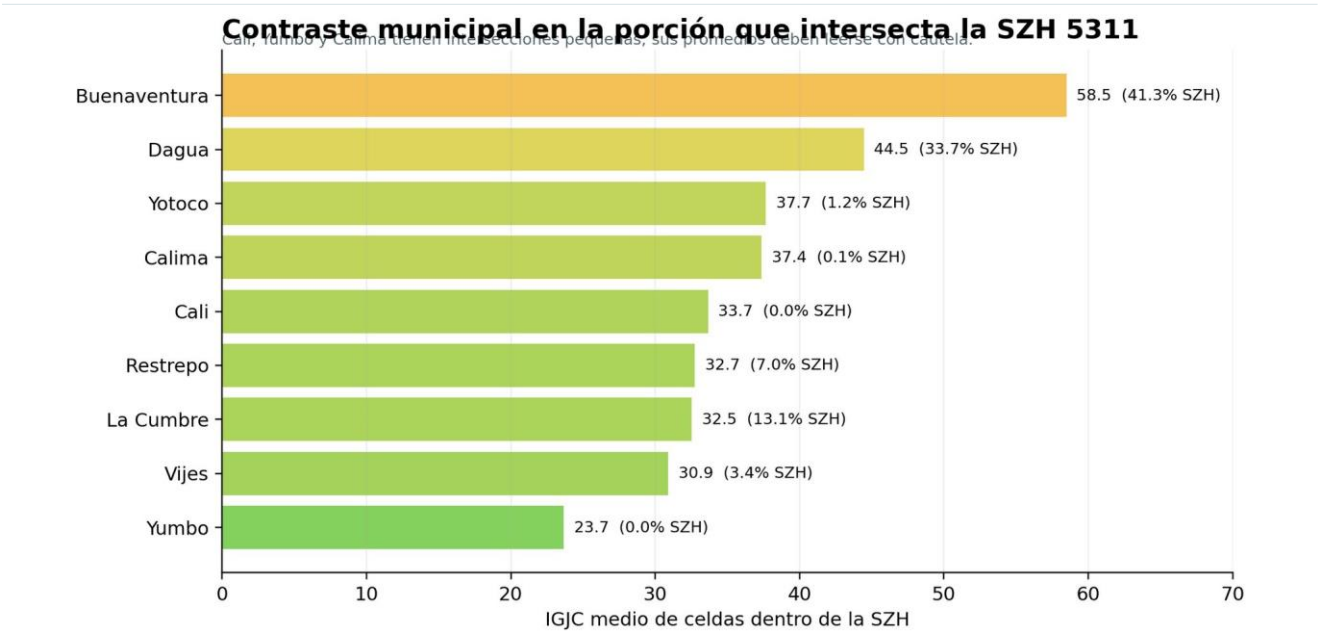


Figura 15. IGJC promedio por porción municipal intersectada.

Buenaventura concentra el 41,3 % de la malla y registra 58,5 puntos; Dagua concentra el 33,7 % y registra 44,5. Estos dos municipios soportan la mayor parte del diagnóstico. Los valores de Cali, Calima y Yumbo se basan en intersecciones muy pequeñas y no representan su situación municipal general.

6.6 Resultados veredales prioritarios

Vereda	Municipio	IGJC	Celdas	Amenaza	Sensibilidad	Déficit capacidad
Cordoba	Buenaventura	62.4	449	57.3	91.0	46.7
Guadualito	Buenaventura	60.4	140	65.2	91.0	48.7
Zabaletas	Buenaventura	59.9	85	62.6	91.0	46.0
Gamboa	Buenaventura	59.8	3470	69.4	91.0	53.7
Bajo Calima	Buenaventura	59.1	472	68.2	91.0	51.7

Vereda	Municipio	IGJC	Celdas	Amenaza	Sensibilidad	Déficit capacidad
Zacarias	Buenaventura	59.0	773	63.5	91.0	46.6
Bazan	Buenaventura	58.0	4023	73.6	91.0	57.4
Cisneros	Buenaventura	55.8	2875	53.7	91.0	50.5
Cisneros	Dagua	49.8	619	42.1	42.8	61.6
El Rucio	Dagua	49.6	446	41.3	42.8	63.3
Juntas	Dagua	49.2	496	44.1	42.8	63.1
El Naranjo	Dagua	47.6	185	32.9	42.8	60.3
Borrero Ayerbe	Dagua	46.9	334	14.8	42.8	59.3
Cristales	Dagua	46.6	886	34.2	42.8	69.2
Villa Hermosa	Dagua	46.5	215	16.1	42.8	59.4

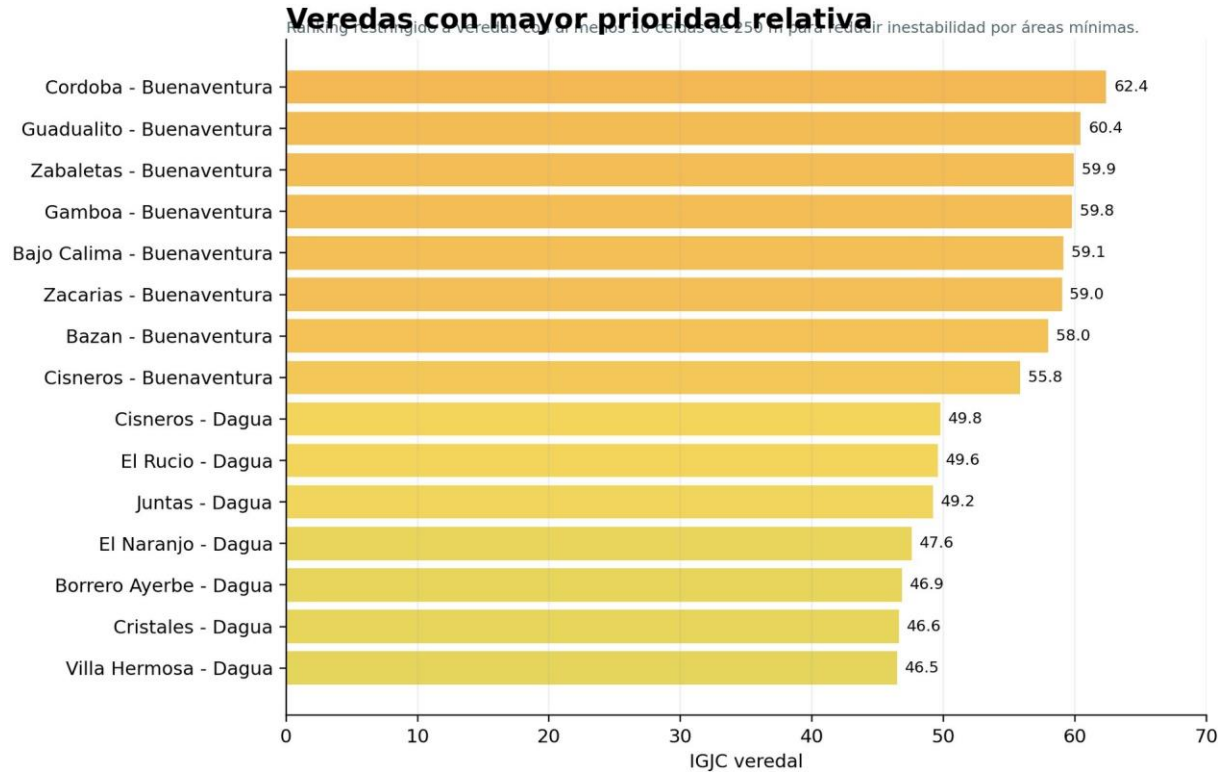


Figura 16. Veredas con mayores promedios del IGJC en la agregación disponible.

Córdoba alcanza 62,4 puntos, seguida por Guadualito (60,4), Zabaletas (59,9), Gamboa (59,8), Bajo Calima (59,1), Zacarías (59,0) y Bazán (58,0). En todas, la sensibilidad municipal asignada a Buenaventura es elevada; el resultado se diferencia por amenaza, exposición, acceso y protección. Las veredas de gran extensión deben analizarse con la malla para evitar que el promedio oculte núcleos internos.

6.7 Áreas protegidas y desprotección

La base integrada contiene 40 figuras RUNAP con intersección o contacto espacial en el conjunto analizado. Las mayores superficies intersectadas corresponden, entre otras, a La Sierpe, Cañón de Río Grande, Reserva Forestal Protectora

Nacional Río Dagua y la reserva de los ríos Escalerete y San Cipriano. La existencia de una figura legal no demuestra por sí sola efectividad de manejo, financiación, conectividad o reconocimiento de gobernanzas comunitarias.

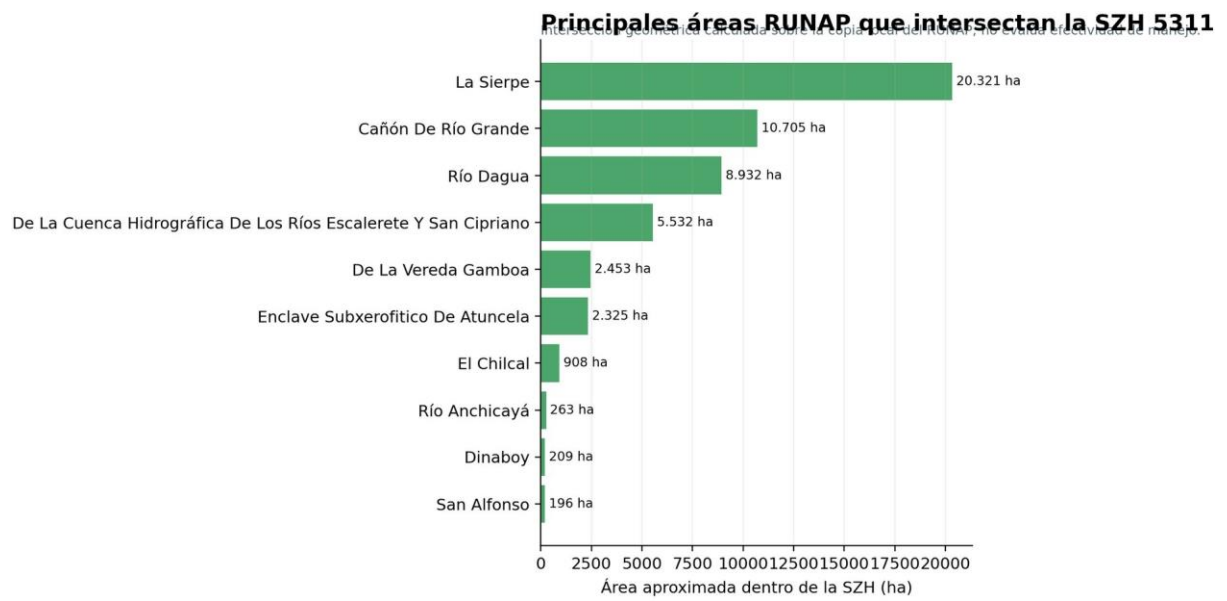


Figura 17. Principales áreas protegidas por superficie intersectada con la SZH.

Área protegida	Categoría	Intersección aproximada (ha)
La Sierpe	Parques Naturales Regionales	20.320,6
Cañón de Río Grande	Distritos de Conservación de Suelos	10.705,2
Río Dagua	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	8.931,7
De la Cuenca Hidrográfica de los Ríos Escalerete y San Cipriano	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	5.531,6
de la Vereda Gamboa	Distritos Regionales de Manejo Integrado	2.453,3
Enclave Subxerofítico de Atuncela	Distritos Regionales de Manejo Integrado	2.325,2
El Chilcal	Distritos Regionales de Manejo Integrado	908,5
Río Anchicayá	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	263,0
Dinaboy	Reserva Natural de la Sociedad Civil	209,0
San Alfonso	Reserva Natural de la Sociedad Civil	195,8
De Bitaco	Reservas Forestales Protectoras Regionales	189,9
Uramba Bahía Málaga	Parque Nacional Natural	92,8

6.8 Sensibilidad a los pesos

Escenario	Media IGJC	Correlación de rangos	Coincidencia del top 10 %
Base FEJUC	47.31	1.000	100.0 %

Escenario	Media IGJC	Correlación de rangos	Coincidencia del top 10 %
Énfasis climático	45.82	0.994	93.0 %
Énfasis equidad	49.23	0.995	90.7 %
Énfasis gobernanza	50.32	0.879	90.2 %
Pesos iguales	51.23	0.859	93.4 %

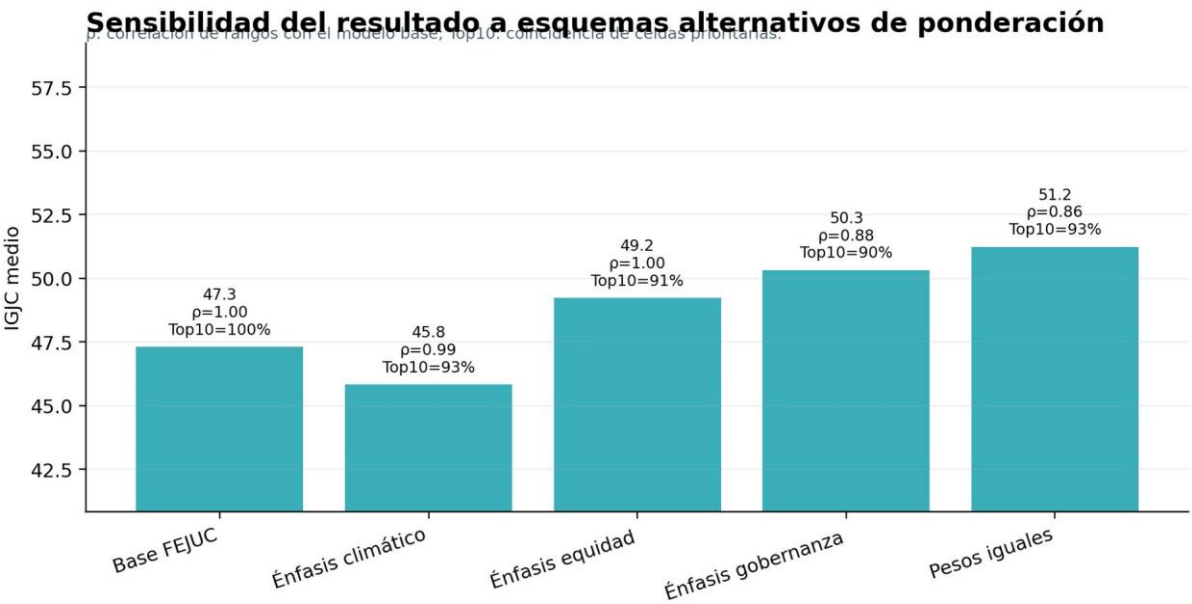


Figura 18. Cambio del resultado bajo escenarios alternativos de ponderación.

Los escenarios climático y de equidad conservan correlaciones de rangos superiores a 0,99. El énfasis de gobernanza y los pesos iguales modifican más la estructura, pero mantienen más del 90 % de coincidencia en el decil superior. En la simulación Monte Carlo, la desviación estándar mediana por celda es 1,64 puntos y el percentil 95 es 2,18 puntos.

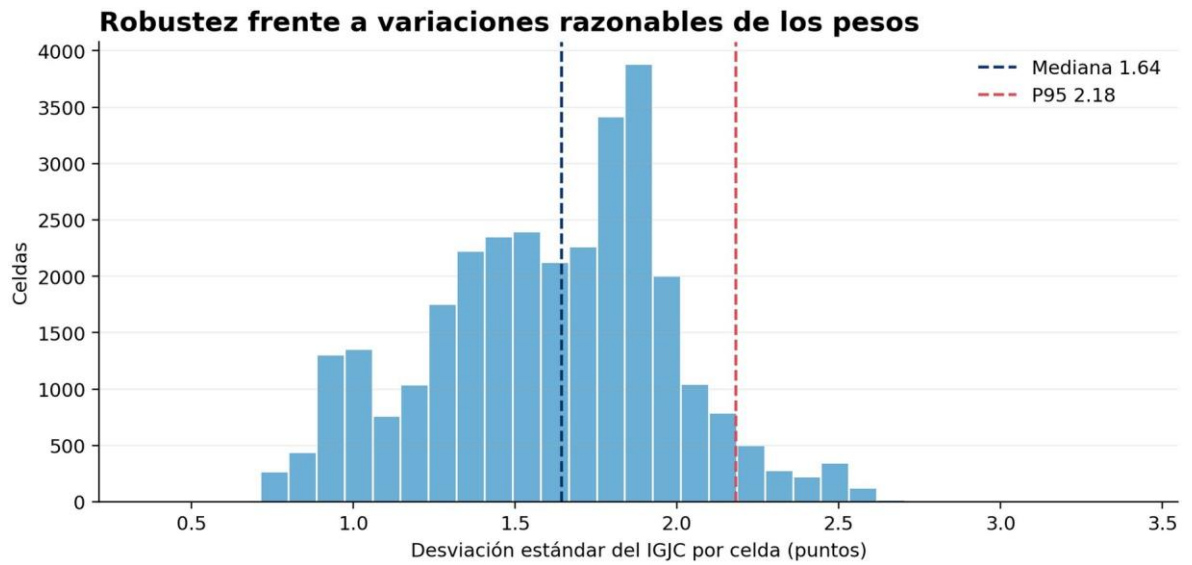


Figura 19. Robustez del IGJC frente a perturbaciones moderadas de los pesos.

Incertidumbre por ponderación - desviación estándar Monte Carlo

1.000 perturbaciones lognormales ($\sigma=0,20$) alrededor de los pesos base. Menor valor = mayor estabilidad.

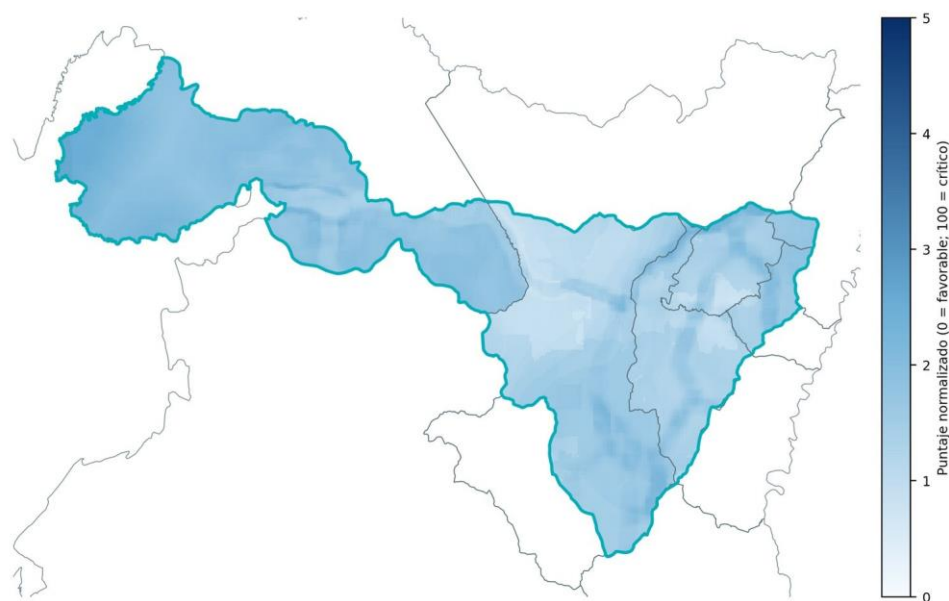


Figura 20. Distribución espacial de la incertidumbre asociada exclusivamente a la ponderación.

7. Interpretación desde la justicia climática

7.1 Justicia distributiva

La mayor brecha se concentra donde confluyen alta sensibilidad social, déficits de acceso y condiciones climáticas exigentes. La evidencia sugiere que las cargas ambientales y climáticas no se distribuyen de forma equivalente a las capacidades de respuesta. Buenaventura rural y el bajo Dagua requieren una asignación preferente de inversión, asistencia técnica y monitoreo.

7.2 Justicia de reconocimiento

La lectura geoespacial debe reconocer comunidades negras, indígenas, campesinas, ribereñas y organizaciones comunitarias como sujetos de conocimiento y gobernanza, no únicamente como población expuesta. Las bases oficiales tienden a representar infraestructura y límites administrativos con mayor precisión que relaciones culturales, economías del cuidado, movilidad fluvial o sistemas comunitarios de agua.

7.3 Justicia procedimental

La transparencia de pesos y datos es una condición necesaria, pero no suficiente. La legitimidad del índice exige participación incidente en selección de indicadores, interpretación de resultados, priorización y seguimiento. El Acuerdo de Escazú ofrece el marco para acceso a información, participación y justicia ambiental.

7.4 Justicia intergeneracional

La erosión severa, la alteración de calidad del agua y la transformación de zonas inundables comprometen funciones ecosistémicas futuras. Las decisiones sobre infraestructura, restauración, minería, ocupación y conectividad deben considerar impactos acumulativos y la capacidad de las generaciones futuras para mantener medios de vida y seguridad hídrica.

7.5 Síntesis causal prudente

No confundir asociación con causalidad

La sensibilidad presenta alta asociación estadística con el índice porque es un componente del mismo y comparte estructura espacial con otros dominios. El IGJC no prueba que una variable cause el resultado. Identifica configuraciones territoriales que deben verificarse mediante análisis causal, información sectorial y trabajo de campo.

8. Diagnóstico de sostenibilidad territorial

8.1 Sostenibilidad hídrica

La SZH dispone de abundante oferta natural frente a la demanda agregada, pero presenta señales de calidad del agua y erosión que pueden comprometer usos humanos y ecosistémicos. La sostenibilidad hídrica requiere control de cargas, protección de rondas, saneamiento rural, monitoreo comunitario y articulación de captaciones, vertimientos y conservación.

8.2 Sostenibilidad ecosistémica

Las áreas protegidas cubren sectores relevantes, pero la desprotección media del modelo es elevada. Esto no significa que todo espacio sin RUNAP carezca de valor: existen bosques, corredores, territorios colectivos, reservas de hecho y otras figuras que deben incorporarse. La conectividad entre Farallones, cuenca media, San Cipriano-Escalerete y Bahía Málaga es estratégica.

8.3 Sostenibilidad social

La sensibilidad de 56,8 y las privaciones de servicios revelan que adaptación y sostenibilidad no pueden separarse de pobreza, educación, conectividad digital, saneamiento y acceso a agua segura. Las intervenciones exclusivamente biofísicas pueden reproducir inequidades si no fortalecen capacidades y derechos.

8.4 Sostenibilidad de infraestructura y movilidad

El corredor vial y portuario es simultáneamente una capacidad de conexión y una fuente de presión. La planificación debe diferenciar vías que reducen aislamiento de infraestructuras que fragmentan ecosistemas o incrementan exposición. La redundancia de rutas, el mantenimiento preventivo y la seguridad de puentes y drenajes son elementos de adaptación.

8.5 Sostenibilidad institucional y comunitaria

El dominio de protección tiene baja ponderación y usa un proxy legal. La gobernanza real exige medir capacidad de juntas, consejos comunitarios, resguardos, acueductos comunitarios, municipios, CVC y organizaciones sociales; presupuestos; cumplimiento; mecanismos de participación; y acceso a justicia ambiental. Esta es la principal frontera de mejora del índice.

8.6 Matriz integrada

Dimensión	Estado	Evidencia	Implicación
Climática	Intermedia-alta y variable	Amenaza media 40,1; núcleos occidentales altos.	Adaptación territorial diferenciada.
Hídrica	Oferta alta, calidad preocupante	IUA bajo; IACAL alto; erosión severa.	Priorizar calidad, saneamiento y suelos.
Social	Brecha significativa	Sensibilidad 56,8; déficits de servicios.	Inversión social como adaptación.
Ecosistémica	Protección fragmentada	40 áreas RUNAP; desprotección 76,7.	Conectividad y reconocimiento de otras figuras.
Infraestructura	Capacidad y presión simultáneas	Accesibilidad desigual; corredor estratégico.	Diseño resiliente y control de externalidades.
Gobernanza	Información insuficiente	Proxy RUNAP; ausencia de métricas participativas.	Levantar gobernanza comunitaria e institucional.

9. Territorios prioritarios y plan de acción

9.1 Priorización territorial

Zona	Señal IGJC	Problemas dominantes	Enfoque recomendado
Litoral y Buenaventura rural	Alta	Sensibilidad, amenaza húmeda, acceso, calidad y protección desigual.	Justicia hídrica, saneamiento, conectividad, sistemas comunitarios y restauración.
Bajo Dagua y tributarios	Media-alta / alta localizada	Exposición a drenajes, corredores viales, erosión y presión.	Gestión del riesgo, rondas, puentes, sedimentos y control de usos.
Cuenca media de Dagua	Media	Déficit de capacidad, presión y fragmentación.	Servicios rurales, conectividad ecológica y producción sostenible.
Sector oriental	Baja-media relativa	Aridez local, presión vial y ecosistemas secos.	Conservación del enclave subxerofítico, agua y ordenamiento preventivo.

9.2 Acciones inmediatas: 0-12 meses

- Conformar mesa técnica y comunitaria de validación del IGJC con representación territorial y enfoque de Escazú.
- Verificar en campo el decil superior y documentar captaciones, vertimientos, puntos críticos, movilidad, organizaciones y servicios.
- Actualizar el componente social con microdatos o unidades censales más finas y reemplazar el campo de analfabetismo desactualizado.
- Integrar inventario de acueductos comunitarios, calidad de agua, infraestructura de saneamiento y continuidad del servicio.
- Publicar metadatos, versión, licencias y bitácora de cambios de la plataforma.
- Cruzar los resultados con POMCA, estudios CVC 1:25.000, gestión del riesgo municipal y proyectos de inversión.

9.3 Acciones de corto plazo: 1-3 años

- Diseñar un programa de justicia hídrica para veredas prioritarias: agua segura, saneamiento descentralizado, monitoreo y gobernanza.
- Implementar restauración de riberas y control de erosión en microcuencas y corredores con mayor presión.
- Fortalecer conectividad digital, educación climática y sistemas de alerta comunitarios.
- Evaluar resiliencia de vías, puentes, taludes y drenajes ante lluvias extremas y movimientos en masa.
- Incorporar territorios colectivos, OMEC, reservas comunitarias y conectividad ecológica al dominio de protección.
- Crear tablero de seguimiento con indicadores de proceso, resultado y reducción de brechas.

9.4 Acciones estructurales: 3-10 años

- Consolidar ordenación integral de la cuenca y financiación plurianual basada en prioridades territoriales.
- Reducir cargas contaminantes y asegurar cumplimiento de vertimientos y saneamiento.
- Transformar sistemas productivos hacia prácticas regenerativas y resilientes.
- Asegurar participación vinculante de comunidades en infraestructura, conservación y distribución de beneficios.
- Integrar escenarios climáticos SSP y proyecciones de población para planificación prospectiva.

9.5 Matriz de gestión

Línea	Actores principales	Indicador de avance	Horizonte
Validación comunitaria	FEJUC, comunidades, CVC, municipios	Actas, mapas participativos, ajustes	12 meses

Línea	Actores principales	Indicador de avance	Horizonte
Actualización social	DANE, municipios, academia	Indicadores submunicipales actualizados	18 meses
Justicia hídrica	CVC, prestadores, acueductos comunitarios	Calidad, continuidad y cobertura	36 meses
Restauración y erosión	CVC, PNN, comunidades	Hectáreas y tramos restaurados	5 años
Infraestructura resiliente	INVÍAS, municipios, gestión del riesgo	Puntos críticos intervenidos	5 años
Monitoreo abierto	FEJUC y aliados	Versiones anuales del IGJC	Anual

10. Conclusiones

1. La SZH 5311 registra un IGJC de 47,3, nivel medio, pero el resultado agregado oculta una desigualdad territorial marcada. El occidente y Buenaventura rural concentran las mayores brechas.
2. El 70,6 % de la malla está en niveles medio o alto. El 13,0 % en nivel alto constituye una prioridad inmediata de verificación e intervención.
3. La sensibilidad socioeconómica es el condicionante estructural más importante entre los dominios de alto peso. La adaptación climática debe incluir servicios, educación, conectividad y reducción de pobreza.
4. La oferta hídrica agregada no es el principal límite; la alteración potencial de la calidad del agua, la erosión, la transformación de zonas inundables y la desigualdad de acceso son problemas centrales.
5. La presencia de 40 áreas RUNAP es relevante, pero la protección legal es fragmentada y no equivale a efectividad de manejo. El dominio debe evolucionar hacia gobernanza y conectividad ecosistémica.
6. La malla de 250 m mejora la lectura espacial, aunque no aumenta la resolución real de variables municipales. La precisión cartográfica debe distinguirse de la precisión temática.
7. La priorización es robusta frente a cambios moderados en pesos: los principales núcleos del decil superior permanecen. La incertidumbre más importante proviene de calidad, vigencia y escala de los datos.
8. CELESTE GEOImpact constituye una herramienta transparente y reproducible para control social y planificación, siempre que se mantenga versionada, participativa y vinculada a instrumentos oficiales.

11. Limitaciones, validez y uso responsable

Limitación	Implicación
Escala temática	Varias variables sociales y de servicios son municipales; su réplica en celdas no implica variación submunicipal observada.
Temporalidad	Las fuentes tienen periodos diferentes. El campo de analfabetismo requiere sustitución por una fuente más reciente y verificable.
Pobreza rural	Registros rurales con valor cero fueron tratados como faltantes, no como ausencia de pobreza. El IPM activo es principalmente municipal/urbano agregado.
Exposición	No existe una capa de población georreferenciada activa en el modelo; se emplean proxies de vías, escuelas y drenajes.
Evaporación	La capa IDEAM utilizada corresponde a evaporación, aunque el campo interno heredado se denomina evapotranspiración. Debe corregirse en una versión futura.
Protección	RUNAP representa figura legal, no eficacia, conectividad ni gobernanza comunitaria.
Veredas	La referencia DANE para Buenaventura contiene polígonos extensos; la malla es más informativa para heterogeneidad interna.
Riesgo formal	El IGJC no sustituye estudios de amenaza y riesgo a escalas reglamentarias, POMCA ni conceptos de autoridad ambiental.
Incertidumbre	El Monte Carlo evalúa pesos, no error de medición, elección de indicadores ni dependencia espacial.
Causalidad	El índice identifica asociaciones y prioridades; no demuestra relaciones causales.

Condición de uso responsable

No utilizar el IGJC para negar derechos, excluir comunidades, imponer cargas, valorar predios o adoptar sanciones. Su uso apropiado es orientar diagnóstico, participación, inversión, investigación y seguimiento, con verificación de campo y garantías de debido proceso.

12. Recomendaciones para evolución e institucionalización

12.1 Mejoras científicas

- Incorporar población y edificaciones georreferenciadas con protección de datos.
- Agregar escenarios climáticos futuros y eventos extremos.
- Sustituir proxies municipales por información censal o participativa submunicipal.
- Incluir calidad de agua, erosión, movimientos en masa, incendios e inundación con resolución oficial.
- Aplicar validación cruzada, análisis de dependencia espacial y comparación con daños observados.

12.2 Mejoras de gobernanza

- Construir indicadores participativos de capacidad organizativa, incidencia, acceso a información y justicia ambiental.
- Crear comité metodológico con academia, comunidades, autoridades y FEJUC.
- Publicar actas de cambio de pesos, inclusión de capas y decisiones metodológicas.
- Habilitar mecanismos de observación, réplica y corrección de datos.

12.3 Mejoras tecnológicas

- Separar explícitamente datos, modelo, estilos y versión de interfaz.
- Incluir metadatos descargables por celda y vereda.
- Implementar pruebas automáticas de integridad, rutas, valores y geometrías antes de cada despliegue.
- Conservar hash y copia archivada de cada versión publicada.
- Añadir modo de comparación temporal y reporte PDF automatizado.

12.4 Indicadores de seguimiento

Indicador	Línea base	Meta sugerida
Actualización de fuentes críticas	Vigencias heterogéneas	100 % con metadato y plan de actualización anual/bianual.
Validación comunitaria	No consolidada	Cobertura de veredas prioritarias y publicación de ajustes.
Variables submunicipales	Limitadas	IPM, servicios, población y educación a unidad censal o comunitaria.
Gobernanza	Proxy RUNAP	Índice específico de participación y capacidad institucional/comunitaria.
Versionamiento	v1.0	Repositorio de versiones, hashes y notas de cambio.
Uso en planificación	Exploratorio	Citas y adopción técnica en proyectos, POMCA y control social.

13. Autoría, derechos de propiedad intelectual y protección del desarrollo

13.1 Elementos protegibles

Conforme al régimen andino, son protegibles la redacción original, el manual metodológico, el código fuente y objeto, la interfaz gráfica original, los mapas y visualizaciones, y la selección o disposición original de la base de datos. Las fuentes oficiales mantienen sus propios derechos, términos de uso, licencias y deberes de atribución.

13.2 Elementos no monopolizables por derecho de autor

No se protege la idea abstracta de construir un índice, las fórmulas matemáticas en sí mismas, los métodos generales, los hechos, los datos oficiales ni el conocimiento técnico subyacente. La protección recae en la forma concreta, original y verificable en que FEJUC y Juan Sebastián Debia expresan, implementan, documentan y organizan el desarrollo.

13.3 Recomendaciones de formalización

- Suscribir un acuerdo escrito entre Juan Sebastián Debia y FEJUC que defina autoría moral, derechos patrimoniales, licencias, mantenimiento, explotación, sublicencias y uso de marca.
- Registrar ante la DNDA, en expedientes diferenciados cuando corresponda, el software, este informe/manual, las piezas cartográficas y la base de datos original.
- Conservar evidencias de creación: repositorios, fechas, hashes, archivos fuente, actas, correos y versiones de despliegue.
- Incluir avisos de atribución y licencias de terceros dentro de la plataforma y en los paquetes descargables.
- Definir una licencia de uso público que permita consulta y citación, pero prohíba apropiación de marca, supresión de créditos o redistribución engañosa.

13.4 Aviso recomendado para la plataforma

Texto sugerido

© 2026 Federación para la Justicia Climática (FEJUC) y Juan Sebastián Debia. CELESTE GEOImpact y sus contenidos originales están protegidos por las normas aplicables de derecho de autor. Los datos oficiales y de terceros conservan sus respectivas licencias y atribuciones. Se permite la consulta y citación con reconocimiento de la fuente; no se autoriza suplantar la autoría, eliminar créditos, usar la marca sin autorización ni presentar resultados modificados como oficiales.

14. Referencias

1. Colombia. Congreso de la República. (2018). Ley 1931 de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático.
2. Colombia. Congreso de la República. (2022). Ley 2273 de 2022, por medio de la cual se aprueba el Acuerdo de Escazú.
3. Comisión de la Comunidad Andina. (1993). Decisión 351: Régimen común sobre derecho de autor y derechos conexos.
4. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC. (2022). Documento técnico de priorización de subzonas hidrográficas para ordenación.
5. Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 y Marco Geoestadístico Nacional.
6. Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2024). Marco Geoestadístico Nacional: división veredal.
7. Dirección Nacional de Derecho de Autor - DNDA. (2026). Normativa andina y objeto de protección de obras, software, mapas y bases de datos. <https://www.derechodeautor.gov.co/>
8. Federación para la Justicia Climática - FEJUC; Debia, J. S. (2026). CELESTE GEOImpact: Índice de Justicia Climática de la SZH 5311. <https://szh5311.fejuc.org/>
9. IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua 2022. Anexos de indicadores hídricos, oferta, demanda, calidad y erosión por subzona hidrográfica.
10. IDEAM. (2025/2026). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia.
11. IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report.
12. Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2026). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP.
13. OpenStreetMap contributors. (2026). OpenStreetMap data extract used in CELESTE GEOImpact.
14. Reid, C. E., et al. (2021). A geospatial approach to identifying populations vulnerable to climate-related health impacts. *Environmental Health*, 20. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00708-z>
15. Schlosberg, D., & Collins, L. B. (2014). From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. *WIREs Climate Change*, 5(3), 359-374.

Anexo A. Metadatos de indicadores y rangos de normalización

Indicador	Dominio(s)	P2	P98	Dirección
Precipitacion	Amenaza	1250.00	6000.00	Directo
Temperatura	Amenaza	18.00	27.00	Directo
Aridez	Amenaza, Presion	1.00	5.00	Directo
Deficit Hidrico	Amenaza	0.00	10.00	Directo
Exceso Hidrico	Amenaza	10.00	110.00	Directo
Evapotranspiracion	Amenaza	90.00	110.00	Directo
Densidad Vias	Exposicion, Presion	0.00	79.54	Directo
Densidad Escuelas	Exposicion	0.00	0.12	Invertido
Densidad Drenaje	Exposicion	0.00	74.77	Directo
Prox Drenaje	Exposicion, Presion	0.00	9724.87	Directo
Prox Via Primaria	Presion	250.00	24260.41	Invertido
Dist Via	Capacidad	0.00	24010.41	Directo
Dist Escuela	Capacidad	250.00	9717.51	Directo
lpm	Sensibilidad	11.33	30.20	Directo
Analfabetismo	Sensibilidad	9.88	20.47	Directo
Sin Acueducto	Capacidad	7.38	26.83	Directo
Sin Alcantarillado	Capacidad	26.49	62.88	Directo
Sin Energia	Capacidad	0.73	9.20	Directo
Sin Internet	Capacidad	72.32	84.93	Directo
Deficit Educacion	Sensibilidad	4.02	4.66	Invertido
Desproteccion	Proteccion	0.25	1.00	Directo

Los rangos son específicos del conjunto espacial procesado. No deben trasladarse automáticamente a otra cuenca o versión sin recalibración y control de comparabilidad.

Anexo B. Resultados municipales detallados

Municipio	IGJC	Amenaza	Exposición	Sensibilidad	Capacidad	Presión	Desprot.	Celdas
Buenaventura	58.48	66.1	39.6	91.0	52.9	29.9	68.5	12807
Dagua	44.45	24.9	41.2	42.8	62.1	53.8	80.9	10468
Yotoco	37.67	14.9	39.8	49.5	13.2	61.1	99.2	360
Calima	37.37	29.4	40.9	36.5	30.7	49.2	51.2	25
Cali	33.66	16.1	49.1	26.5	19.4	62.9	42.9	14
Restrepo	32.75	16.3	41.9	25.1	15.7	58.4	83.3	2174
La Cumbre	32.54	16.3	39.7	15.5	37.7	51.6	80.9	4073
Vijes	30.90	24.7	41.4	9.9	7.2	56.9	97.3	1067
Yumbo	23.68	14.8	32.5	19.1	2.9	47.1	42.9	7

Anexo C. Veredas con mayores y menores promedios

Vereda	Municipio	IGJC	Celdas	Grupo
Cordoba	Buenaventura	62.39	449	Alta prioridad
Guadualito	Buenaventura	60.44	140	Alta prioridad
Zabaletas	Buenaventura	59.93	85	Alta prioridad
Gamboa	Buenaventura	59.77	3470	Alta prioridad
Bajo Calima	Buenaventura	59.14	472	Alta prioridad
Zacarias	Buenaventura	59.02	773	Alta prioridad
Bazan	Buenaventura	57.95	4023	Alta prioridad
Cisneros	Buenaventura	55.85	2875	Alta prioridad
Cisneros	Dagua	49.77	619	Alta prioridad
El Rucio	Dagua	49.59	446	Alta prioridad
Juntas	Dagua	49.21	496	Alta prioridad
El Naranjo	Dagua	47.57	185	Alta prioridad
Borrero Ayerbe	Dagua	46.85	334	Alta prioridad
Cristales	Dagua	46.62	886	Alta prioridad
Villa Hermosa	Dagua	46.48	215	Alta prioridad
Mozambique	Vijes	26.05	161	Menor prioridad relativa
Ocache	Vijes	27.78	98	Menor prioridad relativa
El Aguacate	Restrepo	28.57	80	Menor prioridad relativa
Mozambique	Restrepo	29.13	218	Menor prioridad relativa
Tres Puertas	Restrepo	29.19	112	Menor prioridad relativa
Chicoral	La Cumbre	29.77	38	Menor prioridad relativa
El Porvenir	Vijes	29.85	181	Menor prioridad relativa
La Palma	Restrepo	29.93	73	Menor prioridad relativa

Vereda	Municipio	IGJC	Celdas	Grupo
Río Grande	Restrepo	30.06	149	Menor prioridad relativa
La Cuchilla	La Cumbre	30.31	43	Menor prioridad relativa
Santa Fé	La Cumbre	30.43	28	Menor prioridad relativa
El Chontaduro	Restrepo	30.53	27	Menor prioridad relativa
Aguaclara	La Cumbre	30.69	468	Menor prioridad relativa
El Aguacatal	La Cumbre	30.70	14	Menor prioridad relativa
Pavitas	La Cumbre	30.78	134	Menor prioridad relativa

Anexo D. Áreas protegidas intersectadas

Nombre	Categoría RUNAP	Intersección (ha)
La Sierpe	Parques Naturales Regionales	20320.59
Cañón de Río Grande	Distritos de Conservación de Suelos	10705.22
Río Dagua	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	8931.71
De la Cuenca Hidrográfica de los Ríos Escalere y San Cipriano	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	5531.57
de la Vereda Gamboa	Distritos Regionales de Manejo Integrado	2453.30
Enclave Subxerofítico de Atuncela	Distritos Regionales de Manejo Integrado	2325.22
El Chilcal	Distritos Regionales de Manejo Integrado	908.45
Río Anchicayá	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	263.00
Dinaboy	Reserva Natural de la Sociedad Civil	208.96
San Alfonso	Reserva Natural de la Sociedad Civil	195.82
De Bitaco	Reservas Forestales Protectoras Regionales	189.93
Uramba Bahía Málaga	Parque Nacional Natural	92.76
La Elvira	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	59.77
San Antonio	Reserva Natural de la Sociedad Civil	47.82
La Floresta	Reserva Natural de la Sociedad Civil	40.26
Río Bravo	Reservas Forestales Protectoras Regionales	30.25
Himalaya	Reserva Natural de la Sociedad Civil	29.73
El Cerro Dapa Carisucio	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	25.56
Esparta	Reserva Natural de la Sociedad Civil	25.35
Los Volcanes	Reserva Natural de la Sociedad Civil	25.07
Jurásico	Reserva Natural de la Sociedad Civil	24.43
HATOVIEJO	Distritos Regionales de Manejo Integrado	19.01
Río Cali	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	17.17
Las 3R's	Reserva Natural de la Sociedad Civil	16.13
La Vega	Reserva Natural de la Sociedad Civil	14.90

Nombre	Categoría RUNAP	Intersección (ha)
El Tesoro	Reserva Natural de la Sociedad Civil	12.65
El Carare	Reserva Natural de la Sociedad Civil	12.13
El Carare II	Reserva Natural de la Sociedad Civil	11.25
San Rafael	Reserva Natural de la Sociedad Civil	11.13
La Paz	Reserva Natural de la Sociedad Civil	9.95
Masada	Reserva Natural de la Sociedad Civil	8.54
Tierrablanca No 4	Reserva Natural de la Sociedad Civil	7.67
La Esperanza	Reserva Natural de la Sociedad Civil	7.30
Shambala	Reserva Natural de la Sociedad Civil	0.61
El Edén	Reserva Natural de la Sociedad Civil	0.43
Alto Calima	Distritos Regionales de Manejo Integrado	0.42
Farallones de Cali	Parque Nacional Natural	0.15
Yotoco	Reservas Forestales Protectoras Nacionales	0.09

Anexo E. Protocolo de reproducción y control de versión

6. Conservar copia del polígono oficial y registrar fuente, fecha y hash.
7. Instalar el entorno Python y ejecutar los scripts de adquisición/preparación con dependencias versionadas.
8. Validar geometrías, CRS, conteo de entidades y cobertura de atributos.
9. Construir malla de 250 m y verificar el conteo de 31.026 celdas para la versión 1.0.
10. Calcular indicadores crudos, normalización P2-P98 y registrar rangos.
11. Componer dominios con redistribución por datos disponibles.
12. Exportar `igjc_grid.json`, `igjc_veredas.geojson`, `municipios_igjc.geojson` e `igjc_meta.json`.
13. Ejecutar pruebas de integridad de módulos, rutas, JSON/GeoJSON y sintaxis JavaScript.
14. Desplegar en un entorno de prueba, comparar estadísticas y cartografía con la versión aprobada.
15. Publicar paquete, hash, fecha, nota de cambios y responsables.

Valores de control de la versión 1.0

Control	Valor esperado
Celdas	31.026
Tamaño de celda	250 m
Veredas	116
Áreas RUNAP	40
Media IGJC	47,3094
Mediana	47,5250
Mínimo / máximo	21,2550 / 75,2350
Bandas bajo / medio / alto	9.129 / 17.866 / 4.031 celdas
Pesos base	25-20-20-15-15-5

FIN DEL INFORME · VERSIÓN 1.0

<https://szh5311.fejuc.org/>