

# Simulación Monte Carlo de elecciones presidenciales a partir de retornos electorales reales

## Un motor de sensibilidad territorial para Colombia 2026, calibrado con actas E-14 del Senado

Ariel Andrés Sánchez Rojas

*CASTOR Elecciones — Inteligencia territorial electoral*

### Resumen

Las encuestas ofrecen una fotografía con error de muestreo; nosotros proponemos, en cambio, partir del voto efectivamente depositado en las urnas. Construimos un simulador Monte Carlo de la elección presidencial colombiana de 2026 sembrado con los retornos reales de las actas E-14 del Senado 2026 (34.117 mesas agregadas a 259 municipios), usando la huella territorial del Movimiento Salvación Nacional como prior espacial de la candidatura de Abelardo De La Espriella y anclando los márgenes nacionales al resultado oficial de primera vuelta. El modelo no busca predecir —el resultado ya se conoce— sino medir la *robustez* del desenlace y descomponer qué variables lo gobiernan: es un motor de sensibilidad. Encontramos que el resultado de primera vuelta se reproduce sin ajuste manual (45,6 % vs. 42,7 % entre válidos), que la palanca dominante es el desplazamiento de opinión nacional y no la participación regional ( $\pm 5,7$  pp frente a  $\pm 0,3$  pp), y que en segunda vuelta la ventaja de De La Espriella es estructural: cruza el 50 % en la totalidad del barrido de transferencias, de modo que su único riesgo material es la desmovilización de su base. La implementación de alto desempeño (Dask y un gemelo en C/OpenMP) muestra que el cómputo es liviano y la paralelización solo rinde a escalas combinatorias.

### Palabras claves

Simulación Monte Carlo. Elecciones. Inferencia territorial. Análisis de sensibilidad. Cómputo de alto desempeño.

### Introducción

El presente documento busca estimar la probabilidad de victoria de cada candidatura presidencial, los escenarios de segunda vuelta y las variables que más mueven el resultado, partiendo no de encuestas sino del voto real registrado en las actas E-14. La pregunta que motiva el trabajo es metodológica antes que coyuntural: ¿es posible derivar probabilidades

electorales defendibles, y aislar las palancas que deciden una elección, a partir de retornos electorales observados de una contienda contigua (la legislativa), en lugar de la intención de voto medida por sondeos?

La motivación es doble. Por un lado, las encuestas en Colombia han mostrado errores sistemáticos y dispersión considerable entre firmas; una proyección anclada en voto contado evita el error de muestreo y el sesgo de no respuesta, a cambio de introducir un supuesto de transferencia entre contiendas. Por otro lado, una sola cifra —“el candidato A obtiene 44 %”— oculta lo que de verdad le interesa a un decisor: cuán firme es ese número y qué tendría que ocurrir para alterarlo. Frente a la foto de la encuesta, una simulación produce una distribución de futuros posibles y, con ella, probabilidades y elasticidades.

El objeto de estudio es la elección presidencial colombiana de 2026, cuya primera vuelta se celebró el 31 de mayo de 2026 y cuya segunda vuelta se disputó el 21 de junio de 2026 entre Abelardo De La Espriella e Iván Cepeda. Que el resultado de primera vuelta sea conocido no resta interés al ejercicio: lo convierte en un banco de pruebas. Si el modelo, alimentado solo con retornos del Senado y con márgenes nacionales reales, reproduce el resultado sin calibración manual, entonces el mecanismo de proyección territorial es creíble y puede usarse para la pregunta que sí permanece abierta —la segunda vuelta— y para el análisis contrafactual.

Empleamos un método de simulación estocástica en dos capas. Primero, una capa espacial que distribuye la votación nacional de cada candidatura sobre los municipios según un prior territorial observado. Segundo, una capa de incertidumbre que perturba, en miles de réplicas, la participación regional, el desplazamiento de opinión por candidato y, para la segunda vuelta, la transferencia de los bloques eliminados. Encontramos que la ventaja de la candidatura líder en primera vuelta es robusta pero no garantiza victoria en primera (la probabilidad de superar el 50 % es baja), que la variable de mayor apalancamiento es la opinión nacional y no la logística territorial, y que en segunda vuelta la aritmética del voto en disputa favorece estructuralmente a De La Espriella.

Este estudio se concentra en la mecánica probabilística y su validación, no en la recomendación partidista; las cifras marcadas como supuesto son configurables y auditables.

## Modelo: datos y metodología

### Datos

Utilizamos los retornos de las actas E-14 de la elección de Senado de 2026, capturadas mediante lectura óptica (OCR) con auditoría por modelo de lenguaje sobre el formulario oficial de la Registraduría Nacional. El corpus comprende **34.117 mesas**, que agregamos a

**259 municipios**, cubriendo **5.072.686 votos**. De este universo, la fuerza cuyo voto se identifica de forma desagregada es el Movimiento Salvación Nacional (MSN), con **274.726 votos (5,42 % nacional)**.

Es preciso señalar dos limitaciones del dato que condicionan el diseño. Primera: el proceso de captura extrajo únicamente el voto del MSN a nivel de partido; por mesa disponemos del total de votos y del voto MSN, pero no del desglose de las demás colectividades. En consecuencia, tratamos cada municipio como dos masas observadas —voto MSN y voto residual (total menos MSN)—. Segunda: de las 34.117 mesas, solo 2.953 son aritméticamente consistentes en la reconciliación E-11/E-14, con 31.164 mesas que presentan discrepancias aritméticas atribuibles al OCR. Para mitigar el ruido trabajamos con *participaciones* agregadas por municipio —robustas a errores de conteo de pocos votos— y disponemos de un interruptor de calidad que excluye municipios con alta tasa de error como dimensión de sensibilidad.

Los márgenes nacionales de primera vuelta provienen del cómputo oficial de la Registraduría con 99,99 % de mesas escrutadas (Tabla 1).

**Tabla 1. Resultado oficial de primera vuelta, 31 de mayo de 2026**

| Candidatura                     | Coalición               | Votos      | Porcentaje |
|---------------------------------|-------------------------|------------|------------|
| <b>Abelardo De La Espriella</b> | Defensores de la Patria | 10.360.449 | 43,74 %    |
| <b>Iván Cepeda</b>              | Pacto Histórico         | 9.687.724  | 40,90 %    |
| <b>Paloma Valencia</b>          | Centro Democrático      | 1.639.502  | 6,92 %     |
| <b>Sergio Fajardo</b>           | Independiente / centro  | 1.008.924  | 4,26 %     |
| <b>Blanco / nulo / otros</b>    | —                       | —          | 4,19 %     |

### Supuesto de identificación territorial

Dado que la captura solo individualiza el voto del MSN, usamos su patrón territorial como **proxy del patrón espacial** de la candidatura de De La Espriella en presidenciales. El supuesto descansa en la afinidad de bloque —ambas fuerzas de derecha con bases geográficas solapadas— y se declara explícitamente como inferido, no observado: no afirmamos que el voto del MSN *sean* los votos de De La Espriella, sino que su *forma* sobre el territorio (dónde se concentra, dónde es intenso) aproxima la de la candidatura. Las demás candidaturas reciben priors espaciales auxiliares: Cepeda hereda la forma del voto residual no-MSN; Fajardo y el voto en blanco se distribuyen en proporción al electorado municipal.

## Especificación del simulador de primera vuelta

Para cada réplica  $s$  y cada candidatura  $k$  (incluido el voto en blanco como categoría  $C+1$ ), el modelo procede en tres pasos. Primero define la votación nacional perturbada por un desplazamiento de opinión:

$$V_{s,k} = \max(\theta, \pi_k + \varepsilon_{s,k}), \quad \varepsilon_{s,k} \sim N(\mu_k, \sigma_k)$$

donde  $\pi_k$  es el resultado real de la candidatura  $k$  (Tabla 1) y  $\varepsilon_{s,k}$  el *swing* de campaña. Segundo, define un factor de participación por municipio  $m$  heredado de su región  $r(m)$ :

$$f_{s,m} = \max(\theta, t_{s,r(m)}), \quad t_{s,r} \sim N(\bar{t}_r, \tau_r)$$

Tercero, reconcilia el prior espacial con el margen nacional. Sea  $P_{m,k}$  la matriz de priors —cada columna normalizada a suma unitaria sobre municipios— construida como mezcla del patrón territorial  $\hat{p}_k$  y el reparto neutro por electorado  $e_m$ , gobernada por un parámetro de fuerza espacial  $\lambda \in [0,1]$ :

$$P_{m,k} = Z[\lambda \hat{p}_{m,k} + (1-\lambda) e_m]$$

La votación nacional simulada de cada candidatura resulta de agregar sobre municipios, lo que admite una forma cerrada que evita construir el arreglo tridimensional:

$$\text{voto}_{s,k} = V_{s,k} \cdot \sum_m P_{m,k} f_{s,m} = V_{s,k} (f_s^T P)_k$$

De allí derivamos la participación entre válidos  $\text{sh}_{s,k} = \text{voto}_{s,k} / \sum_{j \in C} \text{voto}_{s,j}$ , el orden de las candidaturas, el paso a segunda vuelta (las dos primeras) y el evento de victoria en primera ( $\max_k \text{sh}_{s,k} > 0.5$ ). El generador de números aleatorios se siembra de forma determinista, de modo que toda corrida es reproducible.

## Especificación del simulador de segunda vuelta

La segunda vuelta parte del resultado real y modela la transferencia del bloque eliminado. Para los finalistas  $a$  (De La Espriella) y  $b$  (Cepeda):

$$E_s = \rho^a \pi_a + \sum_g \mathcal{G} \pi_g \vartheta^g \rightarrow a_s, \quad C_s = \rho^b \pi_b + \sum_g \mathcal{G} \pi_g \vartheta^g \rightarrow b_s$$

donde  $\mathcal{G} = \{\text{Paloma, Fajardo, blanco/otros}\}$  es el voto en disputa (15,36 %),  $\rho$  son tasas de retención de la base propia y  $\theta^g$  el reparto de cada bloque entre  $\{a, b, \text{abstención}\}$ , muestreado con incertidumbre y renormalizado. El voto a dos bandas es  $\text{sh}^E_s = E_s / (E_s + C_s)$  y la victoria,  $E_s > C_s$ . Complementamos la simulación con dos ejercicios deterministas: la **frontera de consolidación**, que barre cuánto capta De La Espriella de Paloma y de Fajardo y marca dónde cruza el 50 %, y la

**batalla de participación**, que barre la retención de cada base para aislar el riesgo de desmovilización.

### Implementación de alto desempeño

El núcleo se vectoriza en NumPy y se orquesta sobre un grid de sensibilidad (producto cartesiano de supuestos) mediante Dask, con asignación determinista de semillas por (mundo, fragmento) vía `SeedSequence`, lo que garantiza equivalencia bit a bit entre la ejecución distribuida y la de un solo proceso. Como contraparte de bajo nivel, desarrollamos un gemelo en C con OpenMP que paraleliza las réplicas con un generador PCG32 por hilo y reducción sobre los acumuladores, verificando que la corrida serial coincide con la de un hilo. El propósito de esta capa es doble: validar el cómputo en un segundo lenguaje y caracterizar el punto a partir del cual la paralelización rinde.

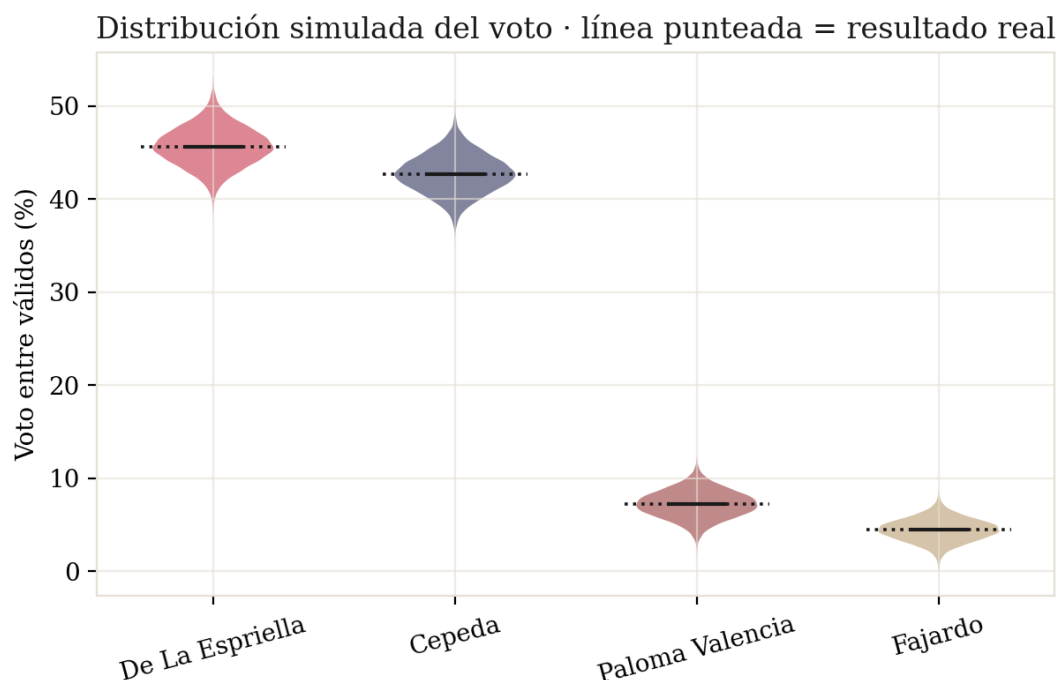
## Resultados

### Validación: el modelo reproduce el resultado real

El primer resultado es la calibración. Corrido en su escenario central —sin perturbar las medias—, el modelo reproduce el orden y la magnitud del resultado oficial sin ajuste manual (Tabla 2). La participación simulada entre válidos de De La Espriella (45,6 %) y Cepeda (42,7 %) coincide con las cifras reales renormalizadas, y ambos pasan a segunda vuelta en la totalidad de las réplicas. Que un modelo alimentado solo con retornos del Senado recupere el resultado presidencial constituye la evidencia que habilita su uso prospectivo.

Tabla 2. Escenario central calibrado (12.000 réplicas, entre válidos)

| Candidatura     | Participación media | Banda p05–p95   | P(1.er lugar) | P(pasa a 2. <sup>a</sup> vuelta) |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|
| De La Espriella | 45,6 %              | 42,2 % – 49,1 % | 78,3 %        | 100 %                            |
| Cepeda          | 42,7 %              | 39,4 % – 46,1 % | 21,7 %        | 100 %                            |
| Paloma Valencia | 7,2 %               | 4,8 % – 9,6 %   | 0 %           | 0 %                              |
| Fajardo         | 4,4 %               | 2,5 % – 6,4 %   | 0 %           | 0 %                              |



Gráfica 1. Distribución simulada del voto entre válidos en primera vuelta; la línea punteada marca el resultado real de cada candidatura.

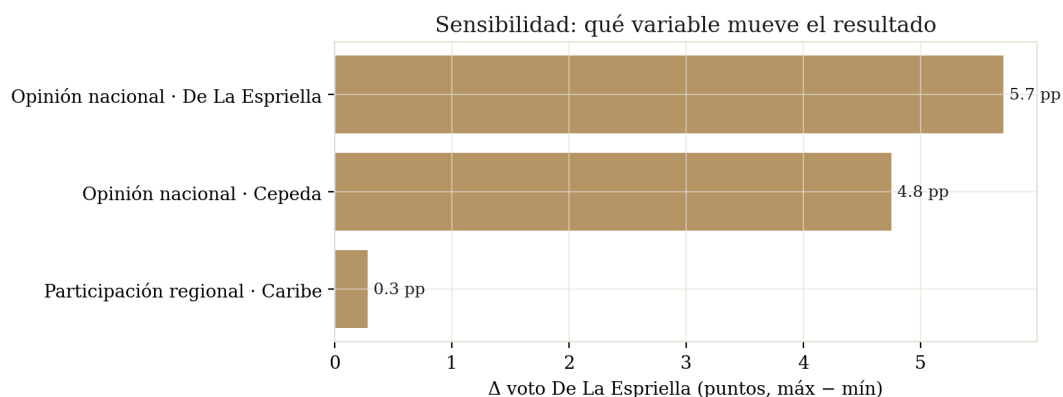
La probabilidad de que alguna candidatura ganara en primera vuelta (superar el 50 %) es de apenas 2,0 % en el escenario central, lo que es consistente con el desenlace observado: la elección se definió en segunda vuelta.

### Robustez y descomposición de sensibilidad

Al correr el abanico completo de supuestos (27 “mundos” × 10.000 réplicas), De La Espriella encabeza en el 65,7 % de los escenarios y la probabilidad de definición en primera vuelta se eleva a 14,7 % cuando se permite mayor desplazamiento de opinión. La distribución del voto se mantiene en una banda de 42 % a 49 % entre válidos. El hallazgo metodológicamente más relevante es la descomposición de qué variable mueve el resultado (Tabla 3): el desplazamiento de opinión nacional de cada candidatura domina por un orden de magnitud sobre la participación de cualquier región individual.

Tabla 3. Sensibilidad: rango del voto de De La Espriella por parámetro del grid

| Parámetro                                   | Δ participación (máx – mín) |
|---------------------------------------------|-----------------------------|
| Desplazamiento de opinión — De La Espriella | 5,7 pp                      |
| Desplazamiento de opinión — Cepeda          | 4,8 pp                      |
| Participación regional (Caribe)             | 0,3 pp                      |



Gráfica 2. Descomposición de sensibilidad: rango del voto de De La Espriella según cada parámetro del grid (puntos porcentuales, máximo menos mínimo).

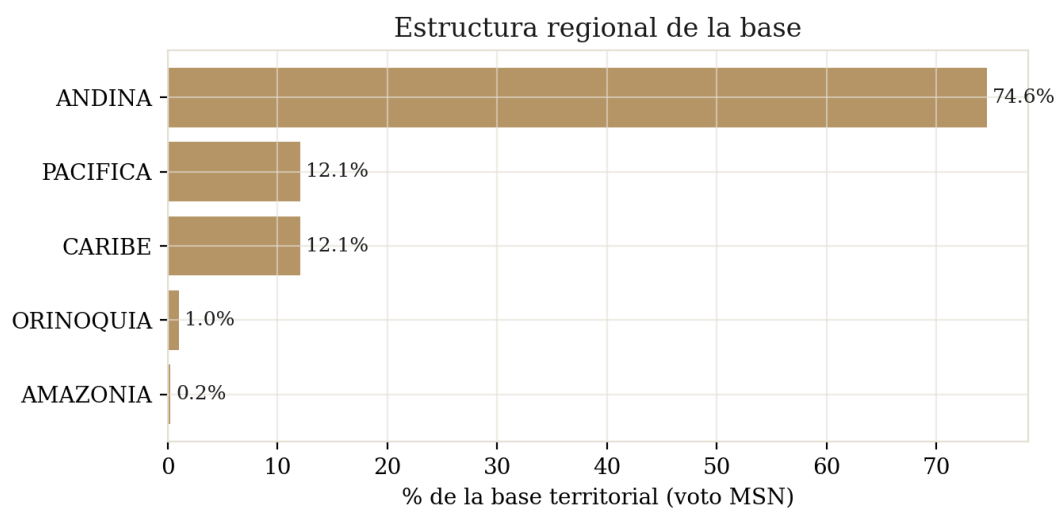
La lectura es inequívoca: la elección no se gobierna moviendo la participación de un departamento puntual —cuyo efecto es marginal— sino desplazando la opinión a escala nacional.

### Estructura territorial del voto

La base territorial está fuertemente concentrada en la región Andina, que aporta tres cuartas partes del voto de la fuerza ancla (Tabla 4). El Caribe y el Pacífico, con participaciones por debajo del promedio, constituyen terreno de expansión más que de bastión.

Tabla 4. Distribución regional de la base territorial (voto MSN, Senado 2026)

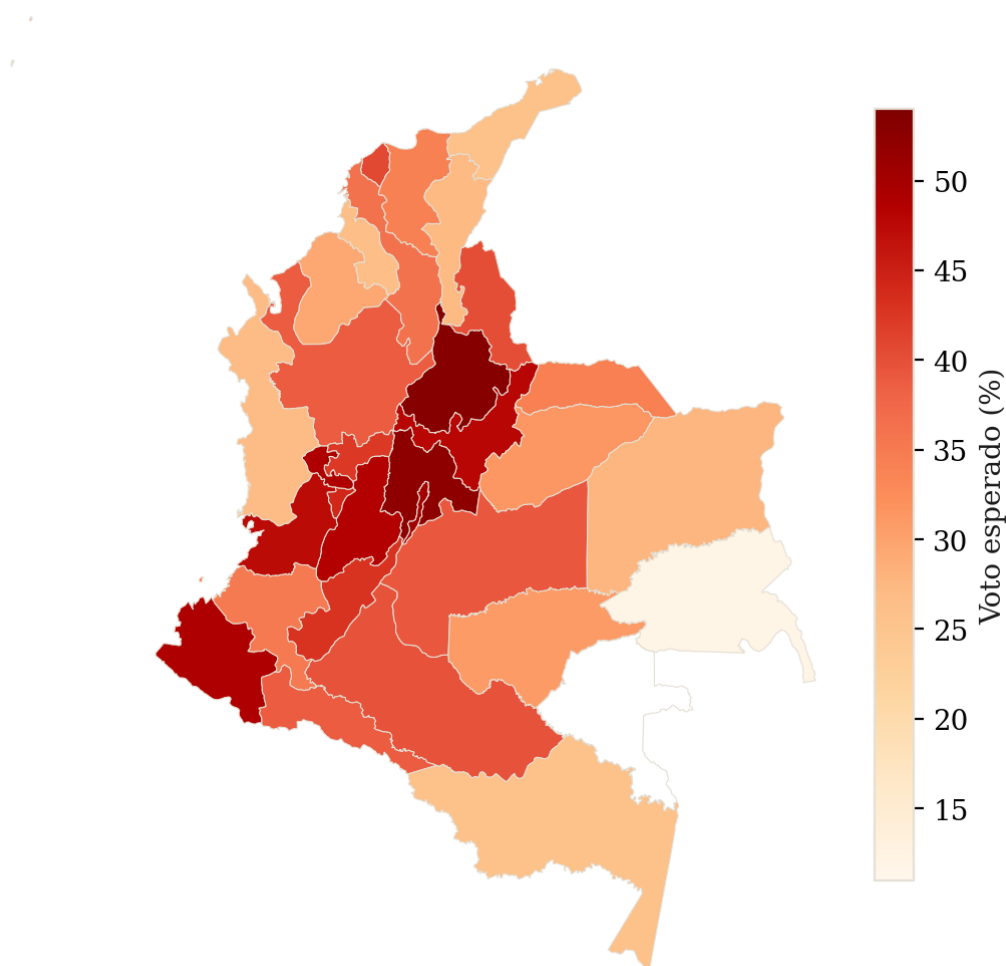
| Región    | Municipios | Voto base | Participación | % de la base |
|-----------|------------|-----------|---------------|--------------|
| Andina    | 148        | 204.977   | 5,96 %        | 74,6 %       |
| Caribe    | 55         | 33.129    | 3,46 %        | 12,1 %       |
| Pacífica  | 14         | 33.166    | 5,89 %        | 12,1 %       |
| Orinoquía | 32         | 2.804     | 3,14 %        | 1,0 %        |
| Amazonía  | 10         | 650       | 3,13 %        | 0,2 %        |



*Gráfica 3. Estructura regional de la base territorial (porcentaje del voto MSN del Senado 2026 aportado por cada región).*

El detalle por departamento (Gráfica 7) confirma el patrón: la intensidad esperada se concentra en el corredor andino —Santander, Cundinamarca, el Eje Cafetero y el suroccidente— y se diluye en la periferia amazónica y de la Orinoquía.

### Voto esperado de De La Espriella por departamento (modelo, primera vuelta)



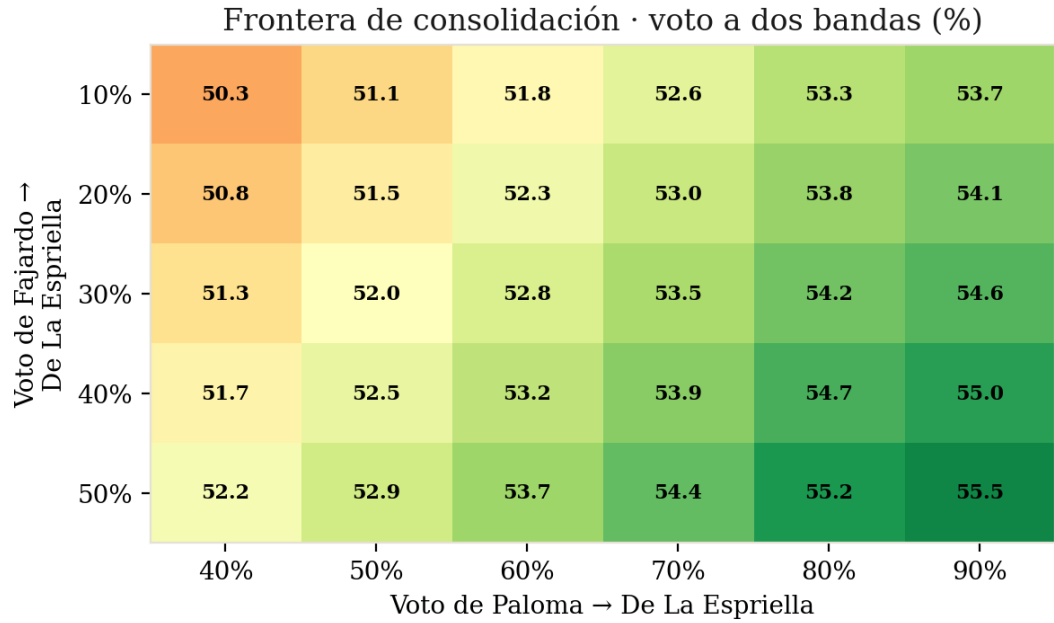
Gráfica 7. Mapa coroplético del voto esperado de De La Espriella por departamento en primera vuelta, según el modelo. Tonos más intensos indican mayor participación esperada.

### Segunda vuelta: ventaja estructural y riesgo de participación

Bajo los supuestos de transferencia de arranque, el simulador de segunda vuelta (30.000 réplicas) otorga a De La Espriella una probabilidad de victoria cercana a la certeza, con un voto a dos bandas de 53,5 % (banda 52,1 %–54,9 %) y un margen medio de +7 puntos — cifra coincidente con los sondeos públicos de balotaje disponibles—. La frontera de consolidación (Tabla 5) muestra que la candidatura cruza el 50 % en la totalidad de las 30 combinaciones del barrido: incluso en el reparto menos favorable plausible (40 % del voto de Paloma y 10 % del de Fajardo), supera el umbral.

Tabla 5. Frontera de consolidación — voto de De La Espriella a dos bandas

| Fajardo→Espriella<br>\<br>Paloma→Espriella | 40 %   | 60 %   | 80 %   | 90 %   |
|--------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 10 %                                       | 50,3 % | 51,8 % | 53,3 % | 53,7 % |
| 30 %                                       | 51,3 % | 52,8 % | 54,2 % | 54,6 % |
| 50 %                                       | 52,2 % | 53,7 % | 55,2 % | 55,5 % |

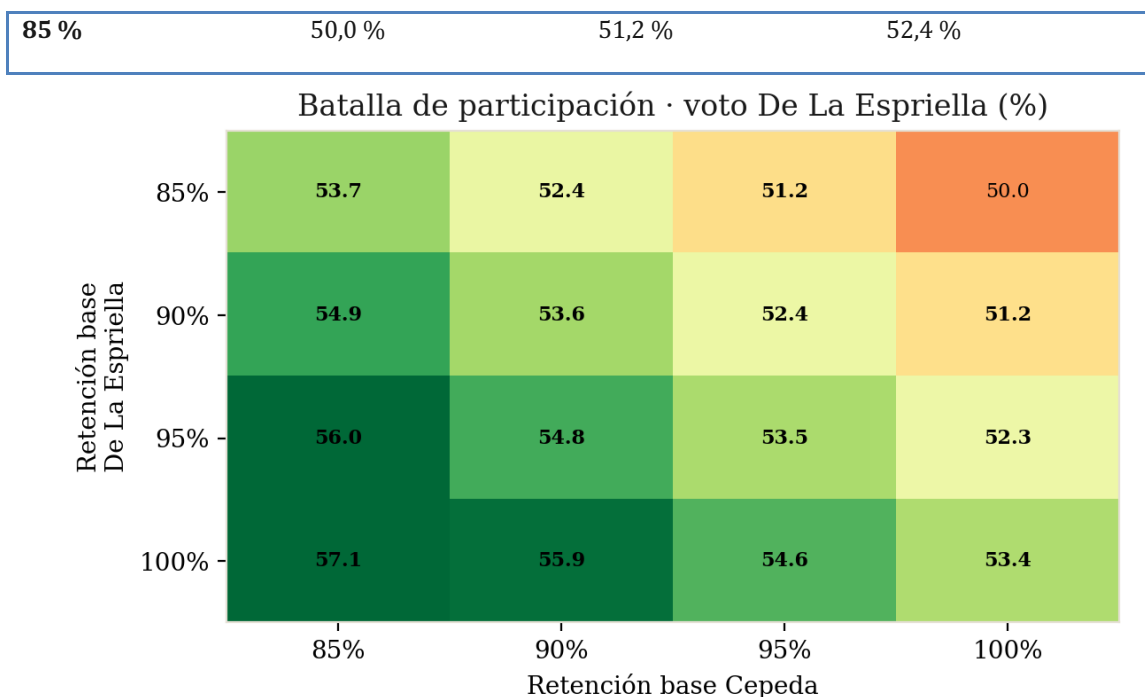


Gráfica 4. Frontera de consolidación: voto de De La Espriella a dos bandas según cuánto capta del voto de Paloma (eje horizontal) y de Fajardo (eje vertical). Verde = supera el 50 %.

Si la aritmética del voto en disputa ya favorece a la candidatura, el riesgo material no está en la captación del pool sino en la **participación de la base propia** (Tabla 6). El voto solo desciende al empate técnico (50,0 %) en un único escenario extremo: que la base de De La Espriella se retraiga al 85 % mientras la de Cepeda acude al 100 %. La implicación estratégica es contraintuitiva pero firme: la prioridad es proteger la movilización del voto duro, no perseguir el voto en disputa.

Tabla 6. Batalla de participación — voto de De La Espriella según retención de bases

| Retención base<br>Espriella | Cepeda 100 % | Cepeda 95 % | Cepeda 90 % |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|
| 100 %                       | 53,4 %       | 54,6 %      | 55,9 %      |
| 95 %                        | 52,3 %       | 53,5 %      | 54,8 %      |
| 90 %                        | 51,2 %       | 52,4 %      | 53,6 %      |



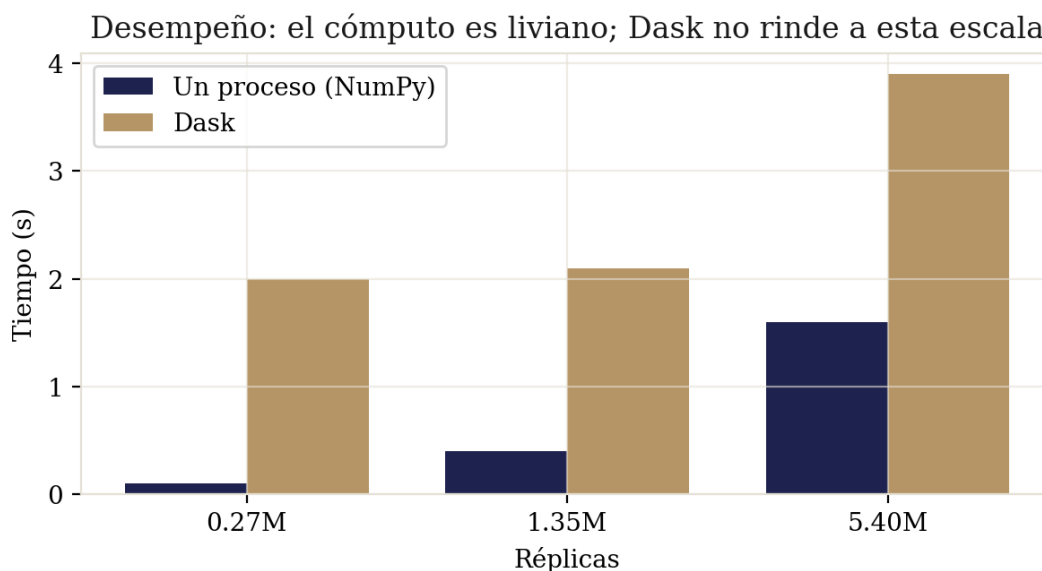
Gráfica 5. Batalla de participación: voto de De La Espriella a dos bandas según la retención de su base (eje vertical) y la de Cepeda (eje horizontal). El empate técnico solo aparece en la esquina de máxima desmovilización propia.

## Desempeño computacional

El cómputo resulta liviano: el núcleo vectorizado ejecuta 270.000 réplicas en 0,1 s y 5,4 millones en 1,6 s en un solo proceso (Tabla 7). La orquestación con Dask, lejos de acelerar, introduce sobrecosto de serialización y comunicación a estas escalas, y solo se aproximaría al punto de equilibrio por encima de decenas de millones de réplicas o ante grids combinatorios. El gemelo en C/OpenMP, sobre un modelo nacional simplificado, alcanza una aceleración cercana a 5,7× con ocho hilos y reproduce las medias del núcleo NumPy (45,66 % / 42,68 %). La probabilidad de primer lugar que arroja resulta unos 5 puntos más decidida ( $\approx 71$  % frente a 65,6 %) por omitir las capas de participación y reparto espacial, lo que ilustra que la incertidumbre territorial *amplía* la dispersión del desenlace y no debe descartarse.

Tabla 7. Tiempo de cómputo por número de réplicas

| Réplicas  | Un proceso (NumPy) | Dask  | Aceleración |
|-----------|--------------------|-------|-------------|
| 270.000   | 0,1 s              | 2,0 s | 0,05×       |
| 1.350.000 | 0,4 s              | 2,1 s | 0,20×       |
| 5.400.000 | 1,6 s              | 3,9 s | 0,41×       |



Gráfica 6. Tiempo de cómputo por número de réplicas: el núcleo vectorizado resuelve millones de simulaciones en segundos y la orquestación distribuida no rinde a esta escala.

## Contexto y conclusiones

Llegados a este punto, ¿qué aporta esta aproximación frente a una encuesta? Primero, sustituye el error de muestreo por un supuesto de transferencia explícito y auditable: en lugar de preguntar a una muestra, parte del voto contado de una contienda contigua y declara cómo lo proyecta. Segundo, entrega una distribución en vez de una cifra, y con ella probabilidades, bandas y —lo más útil para la decisión— una jerarquía de las variables que gobiernan el resultado. Tercero, al territorializar el voto, permite distinguir dónde una fuerza tiene volumen, dónde tiene intensidad y dónde apenas tiene presencia, información que la cifra nacional agregada esconde.

El principal hallazgo sustantivo es que, en esta elección, la opinión nacional pesa un orden de magnitud más que la participación regional localizada, y que en segunda vuelta la ventaja de la candidatura líder es estructural por aritmética del voto en disputa, de modo que el riesgo se traslada a la movilización de su propia base. El principal hallazgo metodológico es que un modelo sembrado con retornos legislativos reales y anclado a márgenes nacionales reproduce el resultado presidencial sin ajuste manual, lo que valida el mecanismo de proyección territorial como herramienta de análisis contrafactual.

No obstante, el ejercicio presenta limitaciones que conviene declarar con franqueza. (i) El supuesto de proxy —que la huella del MSN aproxima la de De La Espriella— es inferido y no observado; su violación sesgaría el reparto espacial, aunque no los márgenes nacionales, que están anclados al dato real. (ii) La ausencia de histórico presidencial 2022 y de encuestas propias impide calibrar las distribuciones de incertidumbre con datos; en su

estado actual el instrumento es un motor de *sensibilidad*, no un *predictor* calibrado. (iii) La integridad del dato de base, con un alto número de mesas aritméticamente inconsistentes, obliga a trabajar con participaciones agregadas y a tratar la calidad como dimensión de robustez en lugar de resolverla en origen.

De estas limitaciones se desprende la agenda futura. Un primer paso es la calibración del motor con el histórico presidencial de 2022 y con encuestas propias, lo que convertiría las distribuciones de swing y transferencia de supuestos expertos en parámetros estimados, elevando el instrumento de sensibilidad a predicción. Un segundo paso es la territorialización de la segunda vuelta, modelando transferencias diferenciales por región para producir un mapa del margen. Un tercero es la incorporación de una matriz de error correlacionado entre candidaturas y de efectos de encuestadora, en la línea de los modelos jerárquicos de pronóstico electoral. La arquitectura del simulador deja previstos los puntos de inserción para estas extensiones.

En suma, partir del voto real antes que de la encuesta, y simular antes que pronosticar una cifra, permite no solo estimar quién gana sino —y esto es lo valioso— cuantificar qué tan firme es ese desenlace y qué tendría que ocurrir para alterarlo.

## Bibliografía

Gelman, A., Hullman, J., Wlezien, C., & Morris, G. E. (2020). Information, incentives, and goals in election forecasts. *Judgment and Decision Making*, 15(5), 863–880.

Linzer, D. A. (2013). Dynamic Bayesian forecasting of presidential elections in the states. *Journal of the American Statistical Association*, 108(501), 124–134.

O'Neill, M. E. (2014). *PCG: A family of simple fast space-efficient statistically good algorithms for random number generation*. Harvey Mudd College, Technical Report HMC-CS-2014-0905.

Robert, C. P., & Casella, G. (2004). *Monte Carlo statistical methods* (2.<sup>a</sup> ed.). Springer.

Rocklin, M. (2015). Dask: Parallel computation with blocked algorithms and task scheduling. *Proceedings of the 14th Python in Science Conference (SciPy)*, 130–136.

Silver, N. (2012). *The signal and the noise: Why so many predictions fail — but some don't*. Penguin Press.

## Apéndice. Glosario

**Acta E-14:** formulario oficial de escrutinio diligenciado por los jurados en cada mesa, con el conteo de votos por agrupación.

**Banda p05–p95:** rango entre los percentiles 5 y 95 de la distribución simulada; contiene el 90 % de los desenlaces.

**Frontera de consolidación:** conjunto de combinaciones de captación de los bloques en disputa que separan la victoria de la derrota en segunda vuelta.

**Motor de sensibilidad:** simulador cuyo propósito no es predecir un valor sino medir cuánto cambia el desenlace ante variaciones de los supuestos.

**Prior espacial:** patrón territorial —observado o supuesto— con que se distribuye sobre los municipios la votación nacional de una candidatura.

**Reconciliación E-11/E-14:** verificación aritmética entre el número de sufragantes (E-11) y los votos depositados (E-14); su incumplimiento señala posible error de captura.

**Swing:** desplazamiento de la opinión —y por tanto del voto— de una candidatura respecto de un punto de referencia.

**Transferencia:** reparto del voto de una candidatura eliminada entre los finalistas y la abstención en segunda vuelta.

## Anexo 1. Equivalencia de la paralelización

La asignación determinista de semillas por (mundo, fragmento) mediante `SeedSequence` garantiza que la ejecución distribuida con Dask reproduzca, bit a bit, la de un solo proceso; verificamos  $\max|\Delta|_{\text{participación}} = 0$  sobre los 27 mundos del grid. Análogamente, el gemelo en C/OpenMP verifica que la corrida serial coincide con la de un hilo, y que la dispersión entre hilos proviene únicamente del reparto de réplicas, no del azar no controlado.

## Anexo 2. Interruptor de calidad del dato

Como prueba de robustez ante las 31.164 mesas con inconsistencia aritmética, el seed admite un filtro que excluye municipios por encima de un umbral de error. La estructura de participaciones agregadas por municipio absorbe el ruido de conteo de pocos votos, de modo que los márgenes nacionales y la jerarquía de sensibilidad se mantienen estables entre la muestra completa y la muestra depurada.