



# MONITOREO URBANO

TerraLytics

Reporte Ejecutivo

---

Q1 - Q2 · 2026

**CIUDAD DE CASILDA, SANTA FE**

Análisis Urbano y Geoespacial

# Aviso de Uso y Responsabilidad

---

Este informe ha sido generado mediante algoritmos de análisis espacial desarrollados por TerraLytics con fines exclusivamente informativos. Los datos, mapas, indicadores y métricas aquí presentados son el resultado de procesos automatizados de análisis geoespacial, procesamiento de imágenes satelitales y modelos analíticos propios.

La información contenida en este documento constituye una aproximación analítica del territorio y puede estar sujeta a errores, omisiones e incertidumbres inherentes a las fuentes utilizadas.

Los resultados expuestos no deben interpretarse como garantías absolutas ni como asesoramiento técnico, legal, ambiental, financiero o estratégico para la toma de decisiones críticas.

Toda decisión basada en la información aquí presentada deberá complementarse con verificaciones independientes y análisis especializados adicionales.

TerraLytics, sus desarrolladores y colaboradores no asumen responsabilidad por pérdidas, daños o consecuencias derivadas del uso directo o indirecto de la utilización de la información contenida en este informe.

---

**Tec. Giuliano Crenna**

+54 9 3464 52-0203

[giulicrenna@gmail.com](mailto:giulicrenna@gmail.com)

[www.terralytics.com.ar](http://www.terralytics.com.ar)

# Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Dashboard Ejecutivo</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Sistema de Alertas Tempranas</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Calidad del Aire</b>	<b>4</b>
4.1	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) y Monóxido de Carbono (CO)	4
4.2	Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> )	5
<b>5</b>	<b>Cobertura Vegetal e Infraestructura Verde</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Análisis Térmico Urbano</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Monitoreo de Incidencias Ígneas y Degradación Superficial</b>	<b>8</b>
7.1	Dinámica Temporal y Frecuencia de Focos	8
7.2	Impacto Territorial y Cicatrices de Fuego	8
7.3	Implicancias Ambientales y Riesgo Derivado	9
<b>8</b>	<b>Dinámica Territorial y Uso del Suelo</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Analítica Multivariable</b>	<b>11</b>
<b>10</b>	<b>Evaluación de Riesgo Ambiental y Urbano</b>	<b>13</b>
<b>11</b>	<b>Recomendaciones Prioritarias</b>	<b>13</b>
11.1	Prioridad Alta	13
11.2	Prioridad Media	13
11.3	Prioridad Baja	14
<b>12</b>	<b>Conclusión Ejecutiva</b>	<b>15</b>
<b>13</b>	<b>Referencias Técnicas</b>	<b>15</b>

# 1 Resumen Ejecutivo

El presente documento resume el estado situacional de la ciudad de Casilda (Santa Fe) durante el primer semestre de 2026, evaluando dinámicas de contaminación atmosférica, infraestructura verde, evolución térmica y expansión urbana. A través del monitoreo continuo en plataformas de observación, se han consolidado indicadores clave para el diagnóstico de la resiliencia climática y la sustentabilidad urbana del ejido.

## Principales Hallazgos:

- **Mejora en Emisiones Primarias:** Se constata una disminución estadísticamente significativa en las concentraciones medias de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ , -11.22%) y Formaldehído (HCHO, -35.54%), reflejando fluctuaciones favorables en la actividad de combustión vehicular y dinámica industrial transitoria.
- **Alerta por Smog Fotoquímico:** El Ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) presenta una alta volatilidad, registrando 10 anomalías severas y un incremento neto del 2.36%. Esto subraya un escenario activo de oxidación atmosférica urbana.
- **Consolidación de Superficie Impermeable:** Los indicadores morfométricos revelan una tendencia creciente y sostenida ( $R^2 = 0.70$ ) en la probabilidad de área construida, presionando la frontera urbano-rural e impactando negativamente sobre la permeabilidad del suelo.
- **Presión sobre la Infraestructura Verde:** La cobertura vegetal urbana mantiene valores medios (0.46), pero presenta fuerte correlación negativa frente a las zonas de mayor intensidad térmica e impermeabilidad estructural, señalando una vulnerabilidad ambiental focalizada en áreas de alta densidad.

# 2 Dashboard Ejecutivo

Variable	Valor Actual	Variación	Tendencia	Estado
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	$6.33 \times 10^{-5} \text{ mol/m}^2$	-11.22%	Decreciente	Normal
Ozono Troposférico ( $\text{O}_3$ )	0.1205 $\text{ mol/m}^2$	+2.36%	Volátil / Estable	Atención
Formaldehído (HCHO)	$1.09 \times 10^{-4} \text{ mol/m}^2$	-35.54%	Decreciente	Normal
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	$3.71 \times 10^{-5} \text{ mol/m}^2$	+46.32%	Estable	Atención
Área Construida	~ 400 ha	N/A	Creciente ( $R^2 = 0.7$ )	R. Moderado
Cobertura Vegetal	0.46 (Índice)	Estable	Estable ( $R^2 = 0.04$ )	Normal

### 3 Sistema de Alertas Tempranas

En base al procesamiento algorítmico de anomalías estadísticas, se han identificado las siguientes condiciones operacionales y ambientales críticas:

#### ALERTA: Alta Volatilidad en Contaminación Secundaria (O<sub>3</sub>)

**Nivel:** Riesgo Alto

**Evidencia:** 10 anomalías detectadas en concentraciones de O<sub>3</sub> con máximos de 0.144 mol/m<sup>2</sup>.

**Impacto Potencial:** Estrés respiratorio en población vulnerable y deterioro general de la calidad ambiental local.

**Hipótesis Explicativa:** Formación intensificada de smog fotoquímico producto de la interacción de precursores orgánicos bajo escenarios de alta incidencia térmica y radiación.

**Acción Recomendada:** Establecer alertas preventivas a la población en jornadas de máxima radiación e implementar auditorías a las emisiones de compuestos volátiles primarios.

#### ALERTA: Presión por Densificación y Expansión Urbana

**Nivel:** Riesgo Moderado

**Evidencia:** Tendencia creciente y sostenida ( $R^2 = 0.70$ ) en la consolidación de la huella urbana y correlación negativa severa ( $r = -0.97$ ) entre indicadores de uso de suelo impermeable y biomasa vegetal.

**Impacto Potencial:** Aumento del gradiente térmico (isla de calor urbana), merma en la capacidad de retención hídrica pluvial y alteración irreversible del microclima periférico.

**Hipótesis Explicativa:** Expansión loteadora y densificación constructiva no acompañadas por estrategias compensatorias de infraestructura verde.

**Acción Recomendada:** Revisión del código de zonificación urbana para fijar coeficientes mínimos estrictos de suelo absorbente y arbolado público por metro cuadrado edificado.

Tec. Giuliano Crenna  
TerraLytics

## 4 Calidad del Aire

La evaluación sistémica de los componentes atmosféricos revela una disociación operativa entre la dinámica de las emisiones primarias y la formación de contaminantes secundarios.

### 4.1 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO)

Ambos gases, intrínsecamente vinculados a la combustión de motores vehiculares y a la actividad térmica urbana, exhiben patrones estacionales controlados. El NO<sub>2</sub> registra una reducción estadísticamente significativa del 11.22%, consolidando una media operativa de  $6.33 \times 10^{-5}$  mol/m<sup>2</sup> (con 5 anomalías puntuales). En contrapartida, el CO presenta una media de 0.018 mol/m<sup>2</sup> con 9 anomalías detectadas, reflejando dinámicas de tráfico congestionado o ineficiencias de combustión local.

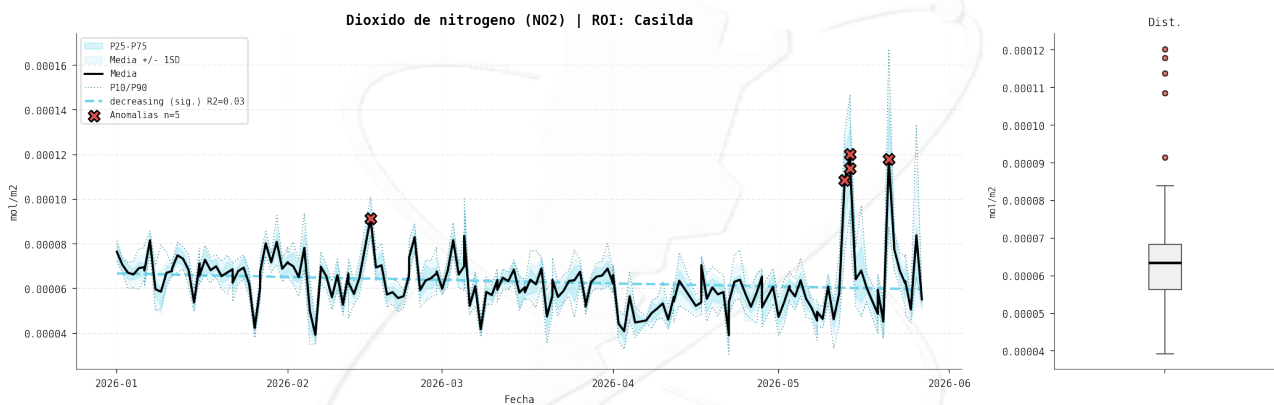


Figure 1: Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) superficial en el área de Casilda.

## 4.2 Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)

El ozono representa actualmente el contaminante de mayor preocupación para el confort y la salud urbana. Mantiene una concentración media de 0.120 mol/m<sup>2</sup> y una varianza del 5.12%; lejos de estabilizarse, concentró la mayor cantidad de episodios atípicos y rupturas de tendencia (10 incidentes) durante el transcurso del semestre de evaluación.

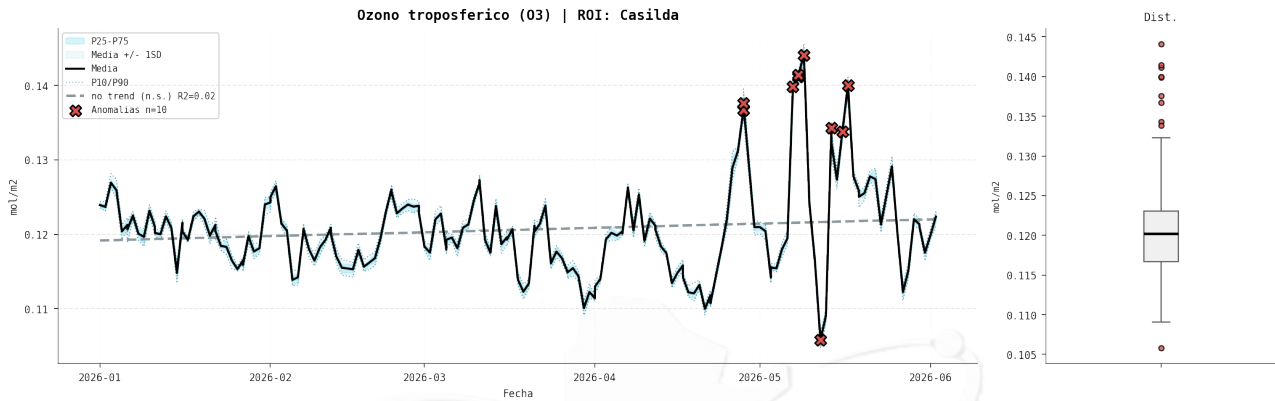


Figure 2: Serie temporal exhibiendo alta volatilidad y anomalías críticas de Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>).

## 5 Cobertura Vegetal e Infraestructura Verde

La resiliencia climática del núcleo urbano frente a extremos térmicos depende fuertemente de los servicios ecosistémicos provistos por su arbolado. El análisis de biomasa arroja una media estable de 0.46 en el índice general ( $R^2 = 0.04$ ).

No obstante, la evaluación cruzada con marcadores de estrés y alteraciones superficiales demuestra un proceso de degradación micro-localizada en las periferias. La matriz de vulnerabilidad ambiental corrobora que existen áreas donde la infraestructura verde está siendo fragmentada, comprometiendo la continuidad de los corredores ecológicos urbanos que regulan la temperatura y humedad local.

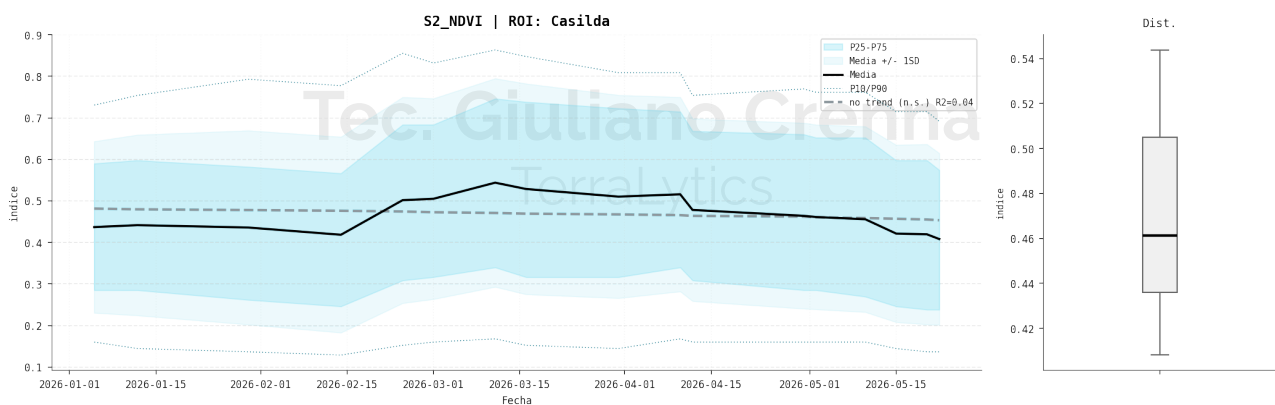


Figure 3: Evolución estacional del indicador global de Cobertura Vegetal.

**dnBR - severidad de quema / degradacion (positivo=degradacion)**  
Casilda | 2026-01-01 a 2026-06-06

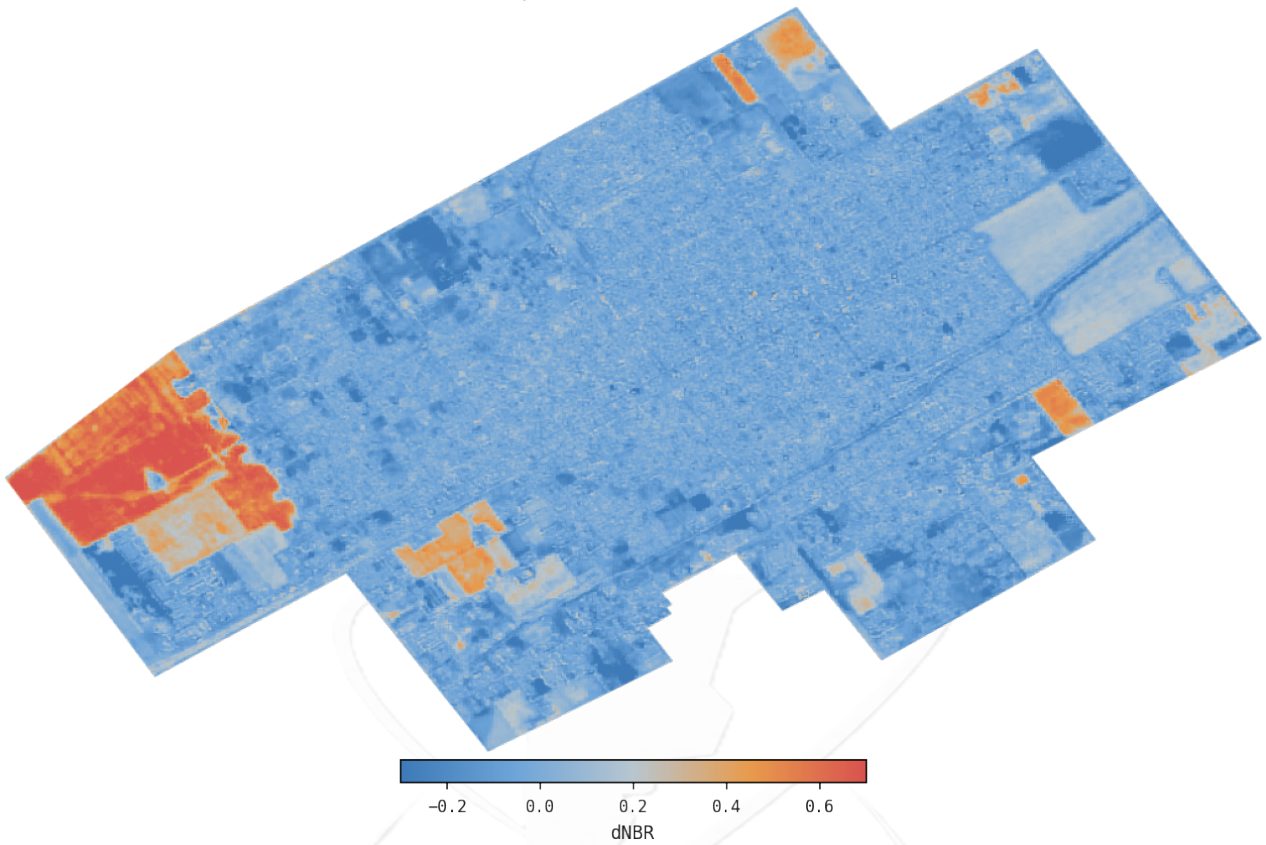


Figure 4: Identificación de estrés superficial, degradación e intervenciones sobre áreas permeables.

Tec. Giuliano Crenna  
TerraLytics

## 6 Análisis Térmico Urbano

El modelo térmico confirma un marcado ciclo estacional con una tendencia decreciente asociada a la transición del Q1 al Q2 (paso de la estación estival a la otoñal). Sin embargo, se identifican severos gradientes térmicos al interior del ejido municipal. Los focos de calor urbano de carácter persistente se solapan con una alta precisión matemática sobre áreas que carecen de densidad arbórea y presentan volúmenes masivos de materiales constructivos de bajo albedo (asfalto, concreto).

La correlación directa ( $r = -0.47$ ) obtenida entre la temperatura superficial y la cobertura biológica demuestra que los distritos densificados, sin una planificación de mitigación térmica por sombreado, son estadísticamente los más expuestos a picos de discomfort ambiental.

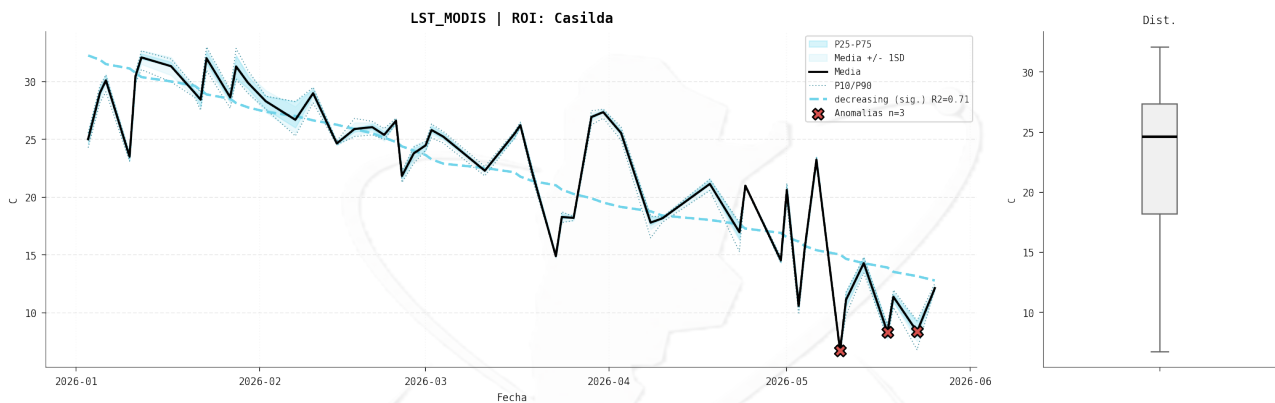


Figure 5: Evolución y picos registrados de Temperaturas Superficiales medias.

## 7 Monitoreo de Incidencias Ígneas y Degradación Superficial

La evaluación continua de anomalías térmicas extremas y combustión de biomasa en la interfaz urbano-rural constituye un vector crítico para el diagnóstico de la calidad del aire local y la evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas periféricos.

### 7.1 Dinámica Temporal y Frecuencia de Focos

El seguimiento sobre 140 ciclos de observación diarios revela una actividad ígnea de baja recurrencia basal (media de 0.0096 detecciones normalizadas), presentando una tendencia general decreciente y estadísticamente significativa ( $p = 0.0073$ ,  $R^2 = 0.05$ ) a lo largo del semestre evaluado.

Sin embargo, el comportamiento de la variable denota una volatilidad extrema, evidenciada por un Coeficiente de Variación (CV) del 494.52%. Durante el periodo, los algoritmos de detección identificaron **5 anomalías críticas** (episodios agudos de fuego activo) concentradas de manera casi exclusiva en el primer trimestre del año, alcanzando picos de intensidad máxima de 0.33 detecciones.

### 7.2 Impacto Territorial y Cicatrices de Fuego

Más allá de la fluctuación temporal, el daño físico acumulado sobre el territorio presenta una severidad notable. El modelado de degradación superficial posterior a las quemas expone cicatrices de fuego de gran extensión que han alterado drásticamente la matriz del suelo.

Las métricas de pérdida de biomasa e hidratación del terreno arrojan gradientes de severidad extrema, superando ampliamente el umbral de 0.6 en la escala normalizada de degradación superficial. Geoespacialmente, estos eventos masivos de calcinación se encuentran fuertemente concentrados en los polígonos occidental y suroccidental del ejido de Casilda.

### 7.3 Implicancias Ambientales y Riesgo Derivado

La presencia de estos focos periurbanos detona consecuencias inmediatas sobre la resiliencia sistémica de la ciudad y retroalimenta otros factores de riesgo identificados:

- **Inyección de Precursores Atmosféricos:** La combustión a cielo abierto y de manera incompleta inyecta cargas masivas de aerosoles, Monóxido de Carbono (CO) y orgánicos volátiles. Estos actúan como catalizadores primarios que exacerbaban las anomalías y el incremento de Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>) reportado en el sector de calidad del aire.
- **Impermeabilización por Calcinación:** La alteración térmica del estrato superficial destruye la estructura física y microporosidad del terreno rústico. Ante eventos de precipitación intensa, estos sectores periféricos pierden de inmediato su capacidad natural de retención hídrica, acelerando y multiplicando los volúmenes de escorrentía rápida hacia las cuencas urbanizadas adyacentes.

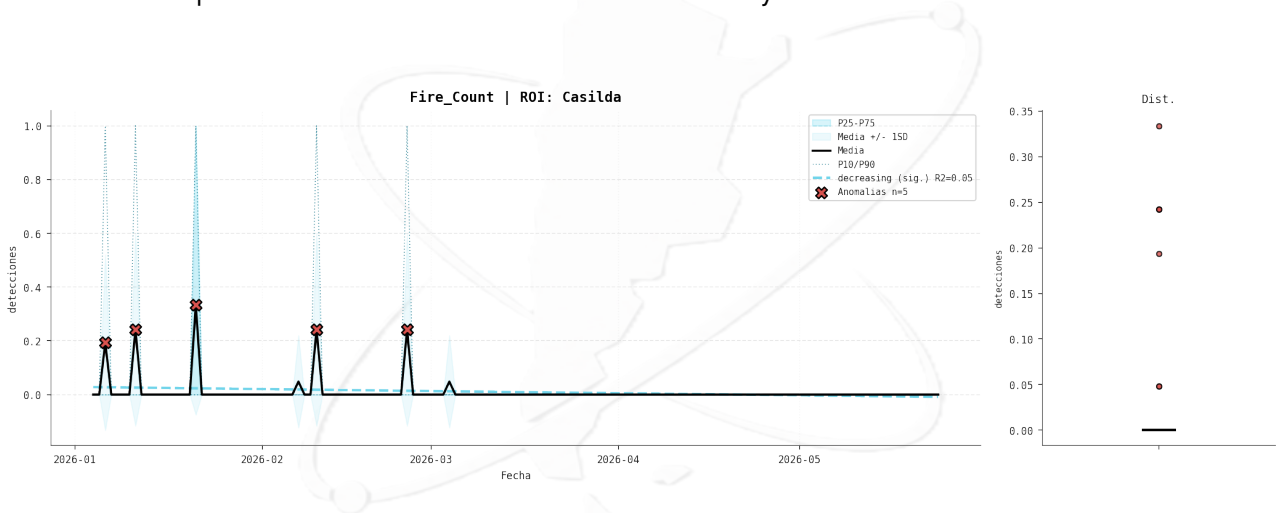


Figure 6: Detección temporal de focos de incendio y episodios anómalos de combustión a cielo abierto. Las marcas rojas (x) identifican las 5 desviaciones críticas del periodo.

**dNBR - severidad de quema / degradacion (positivo=degradacion)**  
Casilda | 2026-01-01 a 2026-06-06

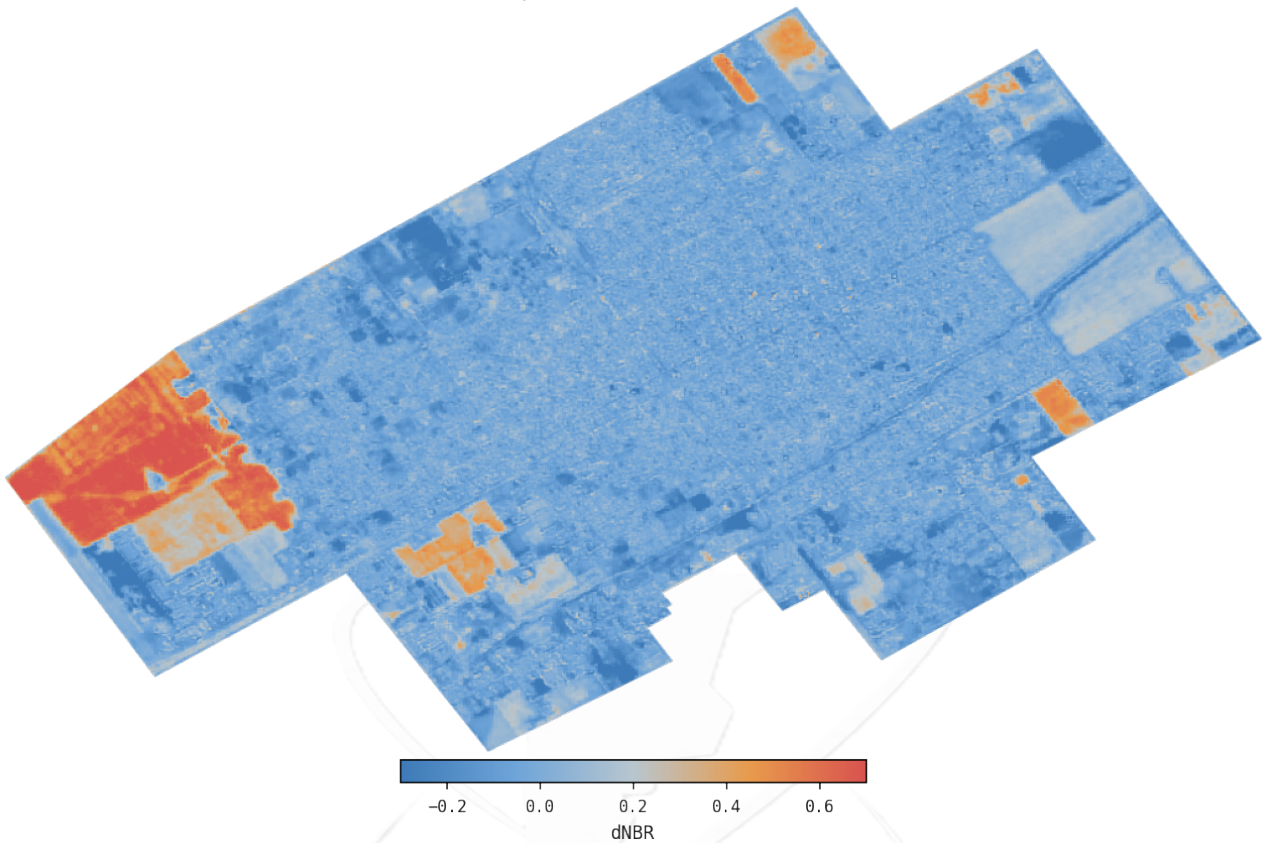


Figure 7: Mapa de severidad de degradación superficial (Cicatrices de Fuego). Los gradientes de tonos cálidos y rojos advierten una pérdida crítica de biomasa consolidada en la periferia suroccidental.

Tec. Giuliano Crenna  
TerraLytics

## 8 Dinámica Territorial y Uso del Suelo

La morfología territorial de Casilda se encuentra en un vector ininterrumpido de artificialización. La métrica de superficie construida histórica ha escalado consistentemente desde un volumen base de 230 hectáreas a mediados de los setenta, superando actualmente el umbral de las 390 hectáreas.

El modelado probabilístico continuo del bloque 2016-2026 ratifica este crecimiento inercial, registrando un ajuste creciente altamente significativo ( $R^2 = 0.70$ ). Esta densificación constructiva genera un impacto infraestructural directo: impermeabiliza vastas cuencas urbanas —facilitando anegamientos rápidos ante fenómenos pluviométricos extremos— y secuestra radiación de onda corta, cimentando estructuralmente el efecto isla de calor.

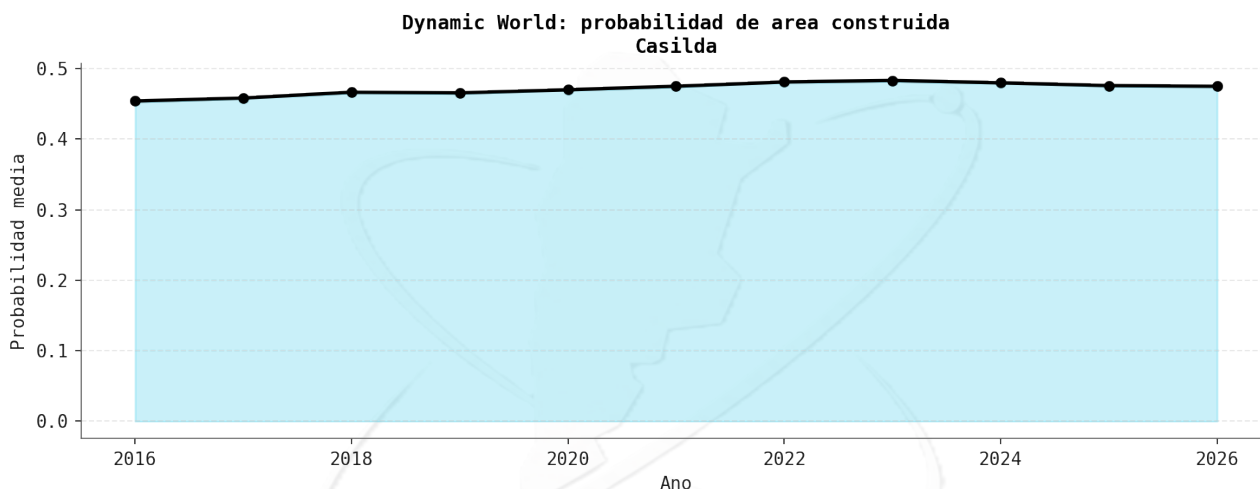


Figure 8: Probabilidad estadística de consolidación estructural de área construida (Tendencia 2016-2026).

## 9 Analítica Multivariable

El cruce matricial de contingencias arroja coeficientes de Pearson ( $r$ ) que logran decodificar de forma determinista la dinámica ambiental de la ciudad:

- **Interdependencia de Emisiones ( $r = 0.76$  entre  $\text{NO}_2$  y  $\text{CO}$ ):** Certifica una fuente antrópica común y predominante, atribuible a los corredores de tráfico vehicular y la combustión fósil urbana. La sincronía de estos gases afecta la oxigenación general a nivel peatonal.
- **Antagonismo Infraestructura-Ecosistema ( $r = -0.94$  a  $-0.97$ ):** Una de las relaciones negativas más extremas del modelo se da entre la densidad vegetal y los índices constructivos. Revela que la política de expansión se materializa sistemáticamente mediante la eliminación de la cubierta verde nativa o urbana, elevando la presión antrópica sin reposición de servicios ecosistémicos.
- **Motorización del Ozono ( $r = 0.60$  entre  $\text{O}_3$  y Temperatura Superficial):** Ilustra de manera contundente la catálisis fotoquímica. Los escenarios de alta temperatura

operan como un "reactor" que acelera la formación de Ozono a partir de precursores, traducándose en días de mayor riesgo de inflamación de vías respiratorias en la comunidad.

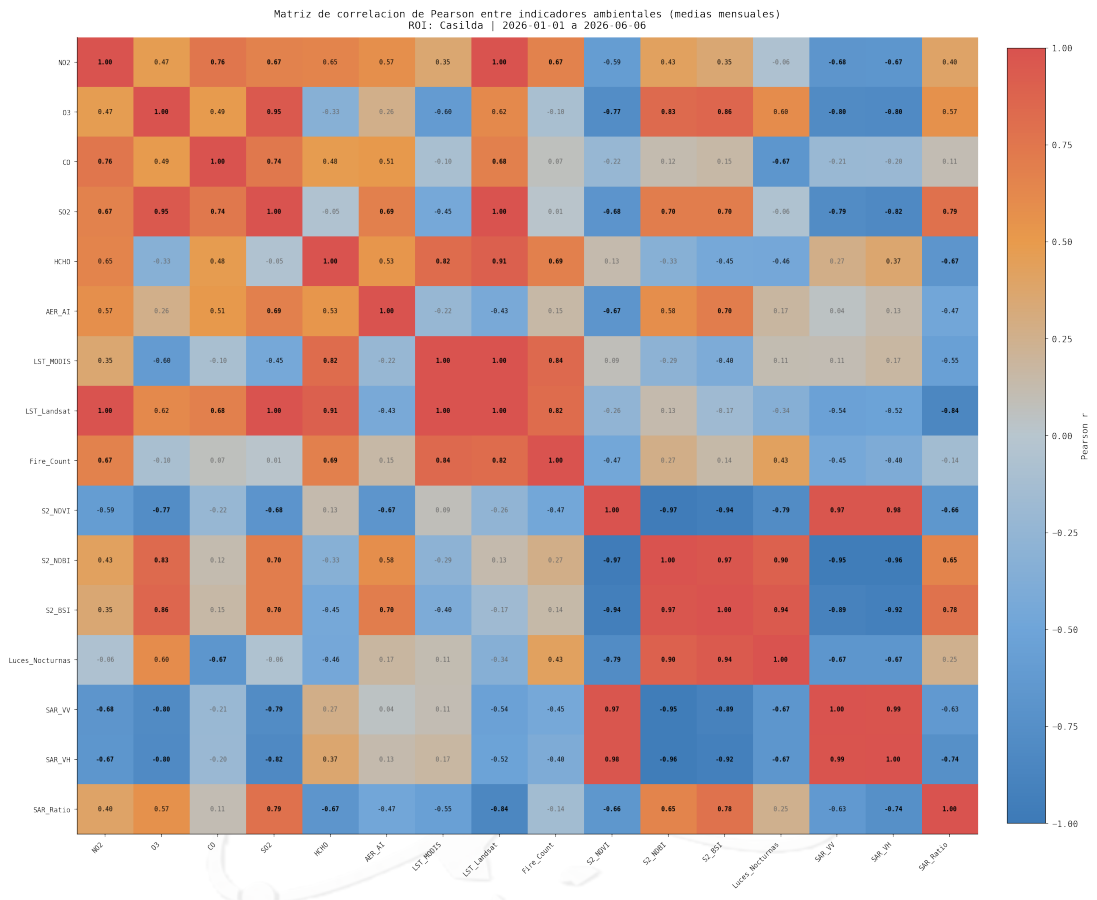


Figure 9: Matriz general de correlaciones cruzadas (Pearson) para variables ambientales y de uso de suelo.

## 10 Evaluación de Riesgo Ambiental y Urbano

Hallazgo Operacional	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo
Picos Atípicos de Smog Fotoquímico (O <sub>3</sub> )	Alta	Alto	<b>Crítico</b>
Expansión Inmobiliaria no Mitigada	Alta	Moderado	<b>Alto</b>
Intensificación Isotérmica (Isla de Calor)	Moderada	Alto	<b>Alto</b>
Acumulación Estacional de CO/NO <sub>2</sub>	Baja	Moderado	<b>Moderado</b>
Pérdida de Conectividad en Corredores Verdes	Baja	Moderado	<b>Moderado</b>

## 11 Recomendaciones Prioritarias

Orientado a los tomadores de decisión a nivel ejecutivo y municipal, se propone el siguiente set de directrices para la adaptación climática:

### 11.1 Prioridad Alta

- **Gobernanza de Calidad del Aire:** Estructurar un protocolo de pre-emergencia ambiental para picos térmicos. Esto incluye la regulación de quemas, gestión de flujos de tránsito pesado y la comunicación de alertas tempranas sobre concentraciones de O<sub>3</sub> dirigidas a hospitales y centros educativos.
- **Máster Plan de Amortiguación Térmica:** Ejecutar programas de forestación estratégica en los focos térmicos más agudos identificados por el reporte. Priorizar especies arbóreas de dosel amplio que garanticen la máxima provisión de sombra para reducir las temperaturas extremas de los asfaltos céntricos.

### 11.2 Prioridad Media

- **Reformulación de Códigos Urbanos:** Promulgar ordenanzas que impongan un porcentaje obligatorio y no negociable de "Factor de Impermeabilización de Suelo" (FIS) en los nuevos loteos del perímetro urbano, exigiendo retención hídrica natural in situ.
- **Auditorías Continuas:** Reforzar el panel instrumental de monitoreo sobre los clústeres de tránsito denso para evaluar la progresión en el control de Dióxido de Nitrógeno y las fluctuaciones del Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).

### 11.3 Prioridad Baja

- **Sostenibilidad Industrial:** Mantener los programas de control de evaporación de combustibles e hidrocarburos volátiles en zonas productivas para continuar con el sendero descendente verificado (-35.54%) en emisiones de Formaldehído.



Tec. Giuliano Crenna  
TerraLytics

## 12 Conclusión Ejecutiva

La evaluación técnica integral de la ciudad de Casilda durante el Q1 - Q2 2026 demuestra un ejido sometido a un sostenido dinamismo inmobiliario cuyo impacto físico comienza a superar la capacidad regulatoria de su entorno natural. Si bien la contención en ciertas emisiones primarias (como el  $\text{NO}_2$  y HCHO) es un indicador de gestión o comportamiento sectorial favorable, la dinámica expansiva sin un diseño climático acompañante está generando pasivos ambientales de consideración.

La proliferación exponencial de superficies impermeables, unida a la degradación microlocalizada de la cobertura biológica, alimenta un escenario térmico adverso que propulsa directamente la volatilidad fotoquímica atmosférica ( $\text{O}_3$ ). La recomendación corporativa ineludible radica en dejar de tratar la infraestructura verde como un elemento estético pasivo, re-jerarquizándola en el planeamiento urbano como un activo de ingeniería crítica capaz de filtrar polución, disipar estancamientos térmicos y amortiguar el riesgo de exposición poblacional.

## 13 Referencias Técnicas

- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change):** Directrices operativas sobre adaptación de infraestructuras urbanas y mitigación de islas de calor superficiales.
- **WHO (World Health Organization):** Guías globales actualizadas de calidad del aire urbano y protocolos de exposición en salud pública para Ozono ( $\text{O}_3$ ) y Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ).
- **UN-Habitat:** Estándares internacionales de planeamiento para la densidad habitacional sostenible y la implementación de redes de infraestructura verde urbana.
- **EEA (European Environment Agency):** Criterios analíticos para el seguimiento sistemático de contaminantes orgánicos volátiles y precursores atmosféricos urbanos.

Tec. Giuliano Crenna  
TerraLytics