

Contribución de los Bosques Urbanos al Servicio Ecosistémico de la Calidad del Aire en la Ciudad de Santo Domingo, República Dominicana

Solhanlle Bonilla-Duarte



Introducción

La calidad del aire constituye una de las cuestiones ambientales que mayor atención requiere en el siglo XXI para las zonas urbanas con alta densidad de población. Según la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 249 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire exterior y alrededor de 83 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire debido al uso doméstico de combustible sólido en América Latina y la región del Caribe en 2016.

Se realizó una encuesta sobre contaminantes que afectan la calidad del aire en 27 puntos de la ciudad de Santo Domingo, Distrito Nacional. La eliminación de contaminantes del aire se estimó en relación con la cubierta forestal de la ciudad; utilizando el software iTree Canopy. También se realizó un análisis de componentes principales y un análisis de correlación para identificar la asociación de estas variables. Los resultados muestran que el porcentaje promedio de infraestructura verde en los puntos de muestreo fue del 26%. Además, se identificó correlación positiva entre la presencia de NO₂ y SO₂ en los puntos de muestreo. Se observó que cuanto mayor es la presencia de cubierta forestal, mayor es la concentración de CO y menor es la presencia de contaminantes. Aunque se definieron cinco puntos calientes en términos de niveles de contaminación del aire en el Distrito Nacional, el estudio no muestra resultados concluyentes sobre la relación entre la infraestructura verde y la calidad del aire en Santo Domingo. Los resultados muestran que la planificación urbana para la calidad ambiental requiere coordinación interinstitucional, monitoreo

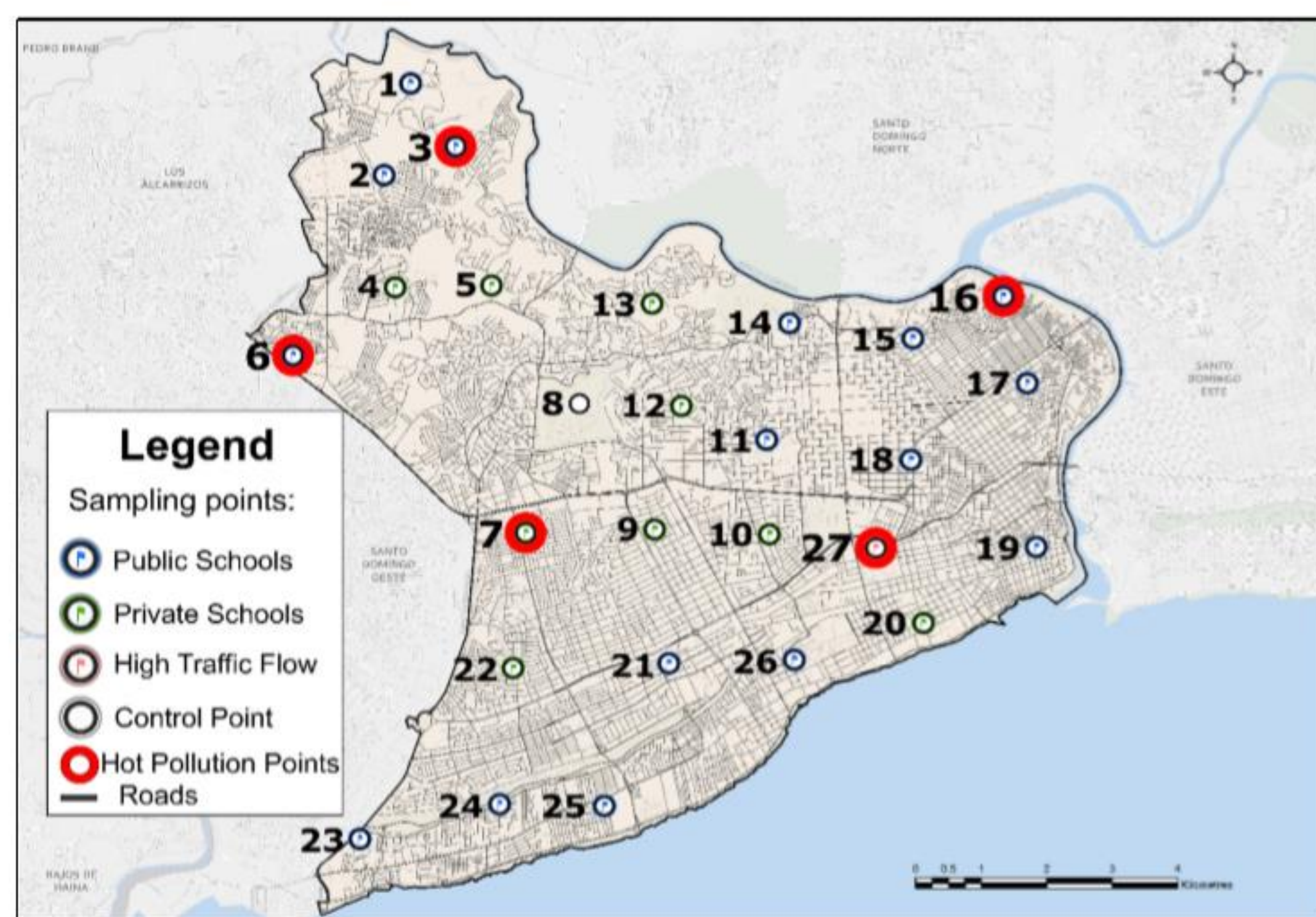


Figure 2. Sampling points and hot pollution points in Santo Domingo.

Objetivos

- Analizar la relación entre los espacios verdes urbanos y la calidad del aire en diferentes zonas de la ciudad
- Definir las necesidades de monitoreo de la calidad del aire en diferentes áreas metropolitanas (urbanas) para apoyar el diseño de las políticas de desarrollo de infraestructura necesarias que sean sostenibles y consistentes con la salud de la población

Table 2. Significant correlations between the variables studied and the sampling points (Note: *, or ** indicate significant nonlinear dependencies at the 5%, or 1% levels, respectively).

Variable(1)	Variable(2)	n	Spearman	p-Value
Sampling points	SO ₂	27	0.5460	0.0032 **
Sampling points	NO ₂	27	0.3956	0.0437 *
Sampling points	CO	27	0.5408	0.0036 **
Sampling points	Forest cover	27	0.3938	0.0447 *

Resultados

Los niveles de inmisión muestran cinco puntos con mayor incidencia de niveles de contaminación en comparación con los 22 puntos restantes muestreados. La cobertura vegetal promedio, como resultado de las mediciones en los sitios de muestreo de iTree Canopy, es de 26.05%, destacando el Jardín Botánico como límite superior, con el 76,7% y el punto 19 como límite inferior con el 0,3% de cobertura vegetal.

El análisis de componentes principales muestra que, según la OMS, los niveles máximos anuales permitidos para partículas y contaminantes del aire medidos en esta investigación son: para NO₂ 40 ug/m³, para SO₂ 20 ug/m³ y para PM10 20 ug/m³. Sin embargo, esta agencia no cuenta con un parámetro de medición mensual, por lo que es imposible comparar directamente. Sin embargo, tomando los valores de la OMS como indicador para estimar el nivel de contaminación en Santo Domingo, encontramos que los puntos 7 y 27 exceden los niveles de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y ninguno de los puntos de muestreo excede los niveles máximos permisibles de Dióxido de Azufre (SO₂).) ni Monóxido de carbono (CO). Sin embargo, el punto 27 muestra un valor alto en SO₂ en comparación con los otros puntos de muestreo, lo que podría explicarse por el alto flujo de tráfico en este punto de la ciudad. En el caso del Material Particulado de 10 micras (PM10), este contaminante está presente en 6 de los 27 puntos muestreados con niveles que exceden los parámetros de la OMS. Estos puntos son: 3, 6, 7, 16, 23 y 27, representando el 22% de los puntos de medición. El análisis de componentes principales muestra una asociación significativa entre algunos puntos de muestreo con CO y PM10; sin embargo, para contaminantes como NO₂ y SO₂ solo el punto 27 está significativamente asociado.

El análisis de componentes principales relacionado con la cobertura arbórea y la calidad del aire no estableció una correlación positiva entre ambas variables en los puntos de muestra.

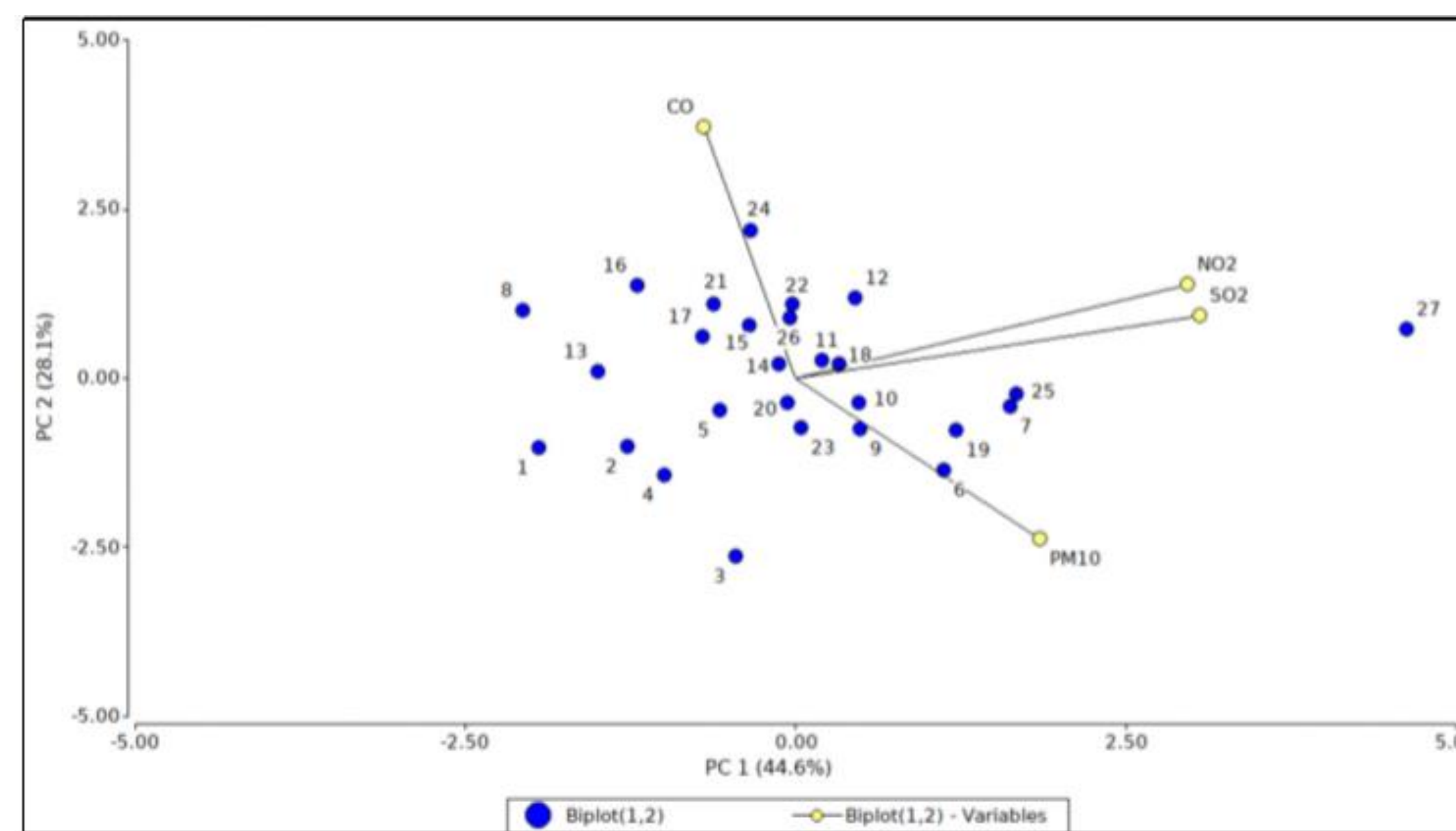


Figure 4. Principal component analysis for the four pollutants studied. For sampling points location, see Figure 1.

Conclusiones

Se debe prestar especial atención a cinco puntos calientes en el Distrito Nacional debido a la presencia de contaminantes criterio, esos puntos fueron 3, 6, 7, 16 y 27. Aunque no existe correlación estadística entre la cubierta arbórea y los contaminantes medidos, sí observaron que cuanto mayor es la cobertura forestal, mayor es el CO y menor es la presencia de partículas y contaminantes. Se necesita un sistema de monitoreo permanente para establecer relaciones sólidas entre estos elementos y poder obtener indicadores adecuados, comparables a los estándares de la OMS, que contribuyan a la toma de decisiones en planificación urbana y al diseño de políticas públicas apropiadas.

Es necesario considerar también acciones contra otros elementos como el transporte, los generadores de electricidad, la industria y el diseño y gestión de la infraestructura verde urbana, que se sabe que tienen una alta contribución a la contaminación del aire. La planificación urbana y la gestión territorial de las ciudades deben desarrollar espacios verdes que consideren especies viables y apropiadas para las ciudades de acuerdo con las características de sus ecosistemas y su biodiversidad de flora y fauna. Es crucial conservar las áreas verdes periféricas de la ciudad y ampliar la infraestructura verde en los centros de las áreas urbanas. Nuestro estudio es el primero en proporcionar datos para la ciudad de Santo Domingo, destacando la importancia de gestionar los servicios ecosistémicos del bosque urbano, como la calidad del aire, y la importancia para el desarrollo sostenible de tener este tipo de información para los tomadores de decisiones.

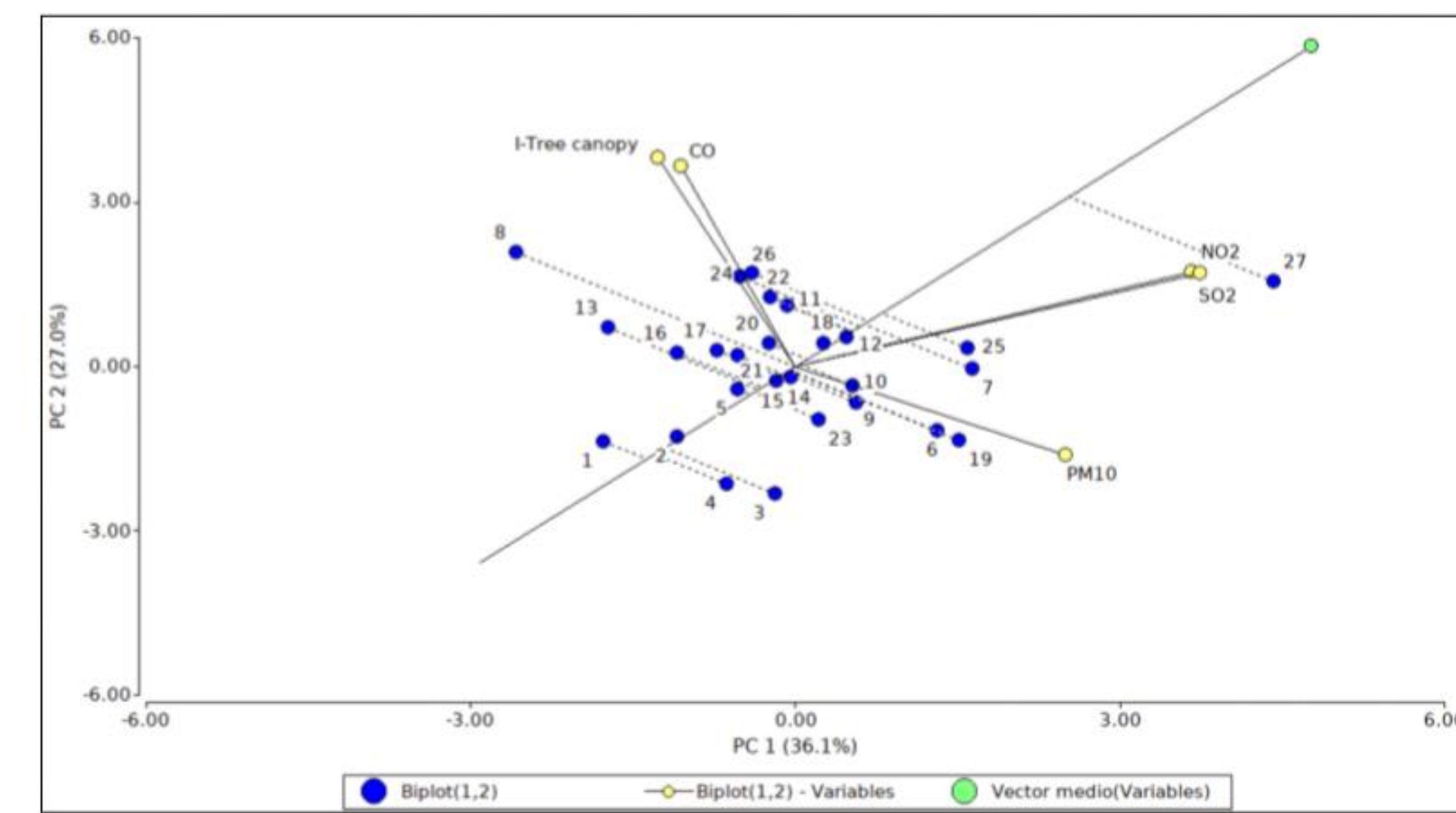


Figure 5. Principal component analysis correlation between pollutants and vegetation cover. For sample points location see Figure 1.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en Santo Domingo, Distrito Nacional, capital de la República Dominicana, centro de las actividades económicas del país. Sus coordenadas geográficas son 17°36' N y 68°19' W y 72°01' W, ubicada en el hemisferio norte, al sur del Trópico de Cáncer. La ciudad tiene una población de 965.040 habitantes y una población flotante de 1 millón de personas [10,18].

Esta área geográfica tiene una superficie de 91,58 km², dividida en tres distritos. La población del Distrito Nacional se considera urbana. El crecimiento demográfico en las últimas décadas se ha centrado en los asentamientos informales, caracterizados por un déficit de instalaciones públicas y una alta densidad de población. La densidad media para 2020 es de 142,4 personas/km² [10].

Se construyó una grilla de muestreo para cubrir toda el área de 91,5 km² del Distrito Nacional. Se utilizó el software de modelado QGIS para definir una grilla de puntos con una distancia de 2 km entre cada uno, localizando 27 puntos de muestreo, uno de ellos en el Jardín Botánico Nacional (punto 8) como punto de control (Figura 2). Se utilizaron muestreadores activos (Air Metric Mini Vol TAS), con captadores de partículas correspondientes a un diámetro de 10 µm, para medir los niveles de partículas en suspensión en el aire (PM10). El método utilizado para determinar la concentración de partículas durante un período de 24 h fue la gravimetría. Los filtros se pesaron antes y después de su colocación en los muestreadores en una balanza analítica. Se utilizaron muestreadores pasivos para medir los niveles de inmisión de contaminantes NO₂-SO₂ y CO. El tiempo de medición para este tipo de contaminantes fue de 30 días. Se utilizaron veintisiete muestreadores de NO₂-SO₂ y 27 de CO cada mes. Se utilizó la herramienta iTree Canopy para establecer los niveles de cobertura vegetal en los 27 puntos de muestreo. La Tabla 1 muestra las categorías del análisis geoespacial de cobertura vegetal utilizadas.

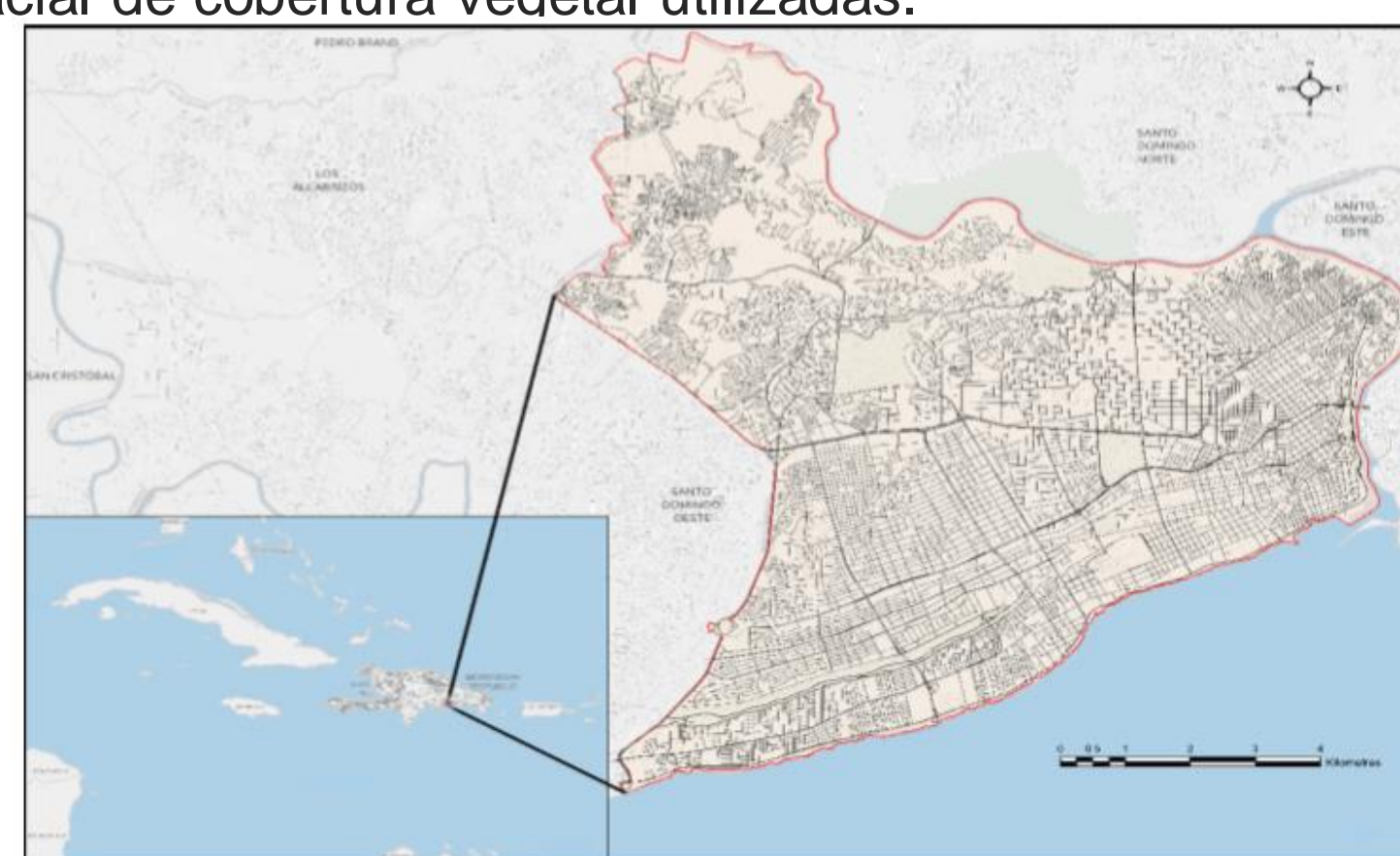


Figure 1. National District Location, Santo Domingo, Dominican Republic.

Referencias

1. Koh, H.K.; Piotrowski, J.J.; Kumanyika, S.; Fielding, J.E. Healthy People a 2020 vision for the social determinants approach. *Health Educ. Behav.* 2011, 38, 551–557. doi:10.1177/089801811428646. 2
2. ONU Medio Ambiente. GEO-A.L.C. Evaluación Regional para América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Ciudad de Panamá, Panamá, 2016. Available online: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/7688> (accessed on 20 June 2021). 3
3. Nowak, D.J.; Hirabayashi, S.; Doyle, M.; McGovern, M.; Pastner, J. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban For. Urban Green.* 2018, 29, 45–48. doi:10.1016/j.ufug.2017.10.014. 4
4. Kumar, P.; Druckenman, A.; Gallagher, J.; Guterleben, B.; Allison, S.; Eisanman, T.; Liu, H.; Hama, S.; Tward, A.; Sharma, A.; et al. The Nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environ. Int.* 2019, 133, 103181. doi:10.1016/j.envint.2019.103181. 5
5. WHO. World Health Statistics 2017: Monitoring Health for the SDGs. Sustainable Development Goals. Geneva, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Available online: <https://www.who.int/gpu/biostatistics/world-health-statistics2017/en> (accessed on 20 June 2021). 6
6. Landrigan, P.J.; Fuller, R.; Acosta, N.J.R.; Adey, C.; Arnold, R.; Basu, N.; Baldi, A.B.; Bertolini, R.; Bose-O'Reilly, S.; Bouford, J.J.; et al. The Lancet commission on pollution and health. *Lancet* 2018, 391, 462–512. doi:10.1016/S0140-6736(17)32454-1. 7
8. ONU (Organización de las Naciones Unidas). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (ST/ESA/SR/A/2066). 2018. Available online: <https://population.un.org/wup/2014-report/pdf> (accessed on 20 June 2021). 9
9. Pearson, K. On lines and planes of closest fit to systems of masses. *Phil. Mag.* 2010, 2, 559–572. doi:10.1080/14786440701642220. 10
10. Program of the United Nations for Human Settlements (UN-Habitat). Distrito Nacional, Santo Domingo: Evaluación del Sistema de Espacios Públicos, 2020. Available online: www.unhabitat.org (accessed on 20 June 2021). 11
11. Ayuntamiento del Distrito Nacional. Diagnóstico Territorial del Distrito Nacional. Programa de Planificación para la Adaptación Climática. USAD-ICMA-FEDOMA-ADN: Santo Domingo, Dominican Republic, 2017; p. 205.
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500

DATOS DE ESTA INVESTIGACIÓN

Área Académica: Área de Ingenierías, Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), Departamento de Economía, Universidad de Extremadura

Fuente de financiamiento: National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos de América

Fondos: National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos de América

Duración del proyecto: 3 años

Co-investigadores: Claudia Caballero González, Leonardo Cortés Rodríguez, Ulises Javier Jáuregui-Haza y Agustín García-García

Objetivos de Desarrollo Sostenible: Ciudades y comunidades sostenibles; acción por el clima; vida de ecosistemas terrestres

Palabras claves: contaminación del aire; calidad del aire; servicios ecosistémicos; infraestructura verde

Keywords: air pollution; air quality; ecosystem services; green infrastructure