



ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y LA VALORACIÓN DE CRITERIOS QUE INFLUYEN EN LA ISLA DE CALOR URBANO (ICU) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO



ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y LA VALORACIÓN DE CRITERIOS QUE INFLUYEN EN LA ISLA DE CALOR URBANO (ICU) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

COLEGIO DE ARQUITECTOS DEL ECUADOR

Pablo Moreira Viteri, Arq.
Presidente

ENTIDAD COLABORADORA DE PROYECTOS ECP

Felipe Corral, Arq.
Director Ejecutivo

CENTRO DE INFORMACIÓN URBANA DE QUITO

Paulina Cubillo B., MSc. Ing.
Coordinación General

INVESTIGACIÓN

Fase 1

Ing. Msc. Paulina Cubillo B.
Srta. Katherine Valverde

Fase 2

Arq. Mgs. Diana Orellana

Fase 3

Arq, PHD Paola Maigua



ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL Y LA VALORACIÓN DE CRITERIOS QUE INFLUYEN EN LA ISLA DE CALOR URBANO (ICU) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Cómo citar el contenido de este documento:

Cubillo, P., Orellana D., Maigua P. , 2020. Análisis De La Distribución Espacial De La Temperatura Superficial Y La Valoración De Criterios Que Influyen En La Isla De Calor Urbano (Icu) En El Distrito Metropolitano De Quito. Centro de Información Urbana de Quito, CIUQ. Quito, 254 pp.

CENTRO DE INFORMACIÓN URBANA DE QUITO (2020)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. PROBLEMA	21
2. OBJETIVOS	24
2.1. Objetivo General	24
2.2. Objetivos Específicos de las tres fases	24
3. ALCANCE Y METODOLOGÍA	25
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	26
4.1. Escala Macro: Parroquias urbanas y periurbanas	26
4.2. Escala Micro – 13 Zonas Piloto	27
5. FASE I	33
5.1. Metodología	34
5.1.1. Descarga de imágenes.....	34
5.1.2. Calibración radiométrica	38
5.1.3. Corrección atmosférica	38
5.1.4. Corrección geométrica.....	40
5.1.5. Cálculo de Índices Espectrales	41
5.2. Análisis de resultados de temperatura superficial para los años 2010, 2015 y 2020	51
5.2.1. Zona Urbana y Periurbana de Quito.....	51
5.2.2. 13 Zonas Piloto	112
5.2.3. Variaciones de temperatura superficial para el período 2010 -2019 para las parroquias urbanas y periurbanas	132
5.2.4. Variaciones de temperatura superficial para el período 2010 -2019 para las 13 zonas de estudio.....	137
5.3. Conclusiones La Fase I.....	142
5.3.1. Conclusiones Análisis Multitemporal para 55 parroquias	142
5.3.2. Conclusiones Zonas Piloto.....	144
6.1 Área de estudio.....	149
6.2 Metodología	149
6.2.1. Análisis de 4 criterios.....	149
6.2.2. Tres hipótesis y tres condiciones	150
6.2.3. Selección de los tramos a ser medidos.....	151
6.2.4. Equipo y levantamiento de datos térmicos.....	151
6.2.5. Limitaciones del estudio	152

6.3	Resultados.....	152
6.3.1.	Resultados según criterios de densidad arbórea, rangos de altura de los árboles, temperatura superficial e índice de vegetación de diferencia normalizada	152
Elaboración: CIUQ (2020).....		161
6.3.2.	Tramos escogidos y sus hipótesis correspondientes.....	161
6.3.3.	Resultados de la temperatura del aire con y sin sombra de arbolado.....	163
6.3.4.	Resultados conjuntos por las 13 zonas.....	185
6.4	Discusión.....	191
6.4.1	Análisis de los resultados de temperatura y las interrelaciones entre temperatura superficial y del aire.....	191
6.4.2	Influencia de las áreas verdes en la temperatura superficial (mesoescala)	193
6.4.3	Influencia del arbolado en la temperatura del aire (microescala).....	194
6.5	Conclusiones.....	198
6.6	ANEXOS.....	200
7.	FASE III.....	203
7.1.	Antecedentes de investigación.....	203
7.2.	Revisión conceptual.....	205
7.2.1.	Eje 1 – Geometría urbana.....	205
7.2.2.	Eje 2 - Cobertura de superficie.....	208
7.2.3.	Eje 3 – Clima urbano.....	209
7.3.	Metodología.....	210
7.3.1.	Eje 1 – Geometría urbana.....	210
7.3.2.	Eje 2 – Cobertura de superficie.....	210
7.3.3.	Eje 3 – Clima urbano.....	210
7.4.	Resultados.....	211
7.4.1.	Eje 1 – Valoración de las propiedades de geometría urbana.....	211
7.4.2.	Eje 2 – Cobertura de superficie.....	228
7.4.3.	Eje 3 – Propiedades termales.....	231
7.5.	Comparaciones.....	241
7.6.	Conclusiones.....	245
7.7.	Bibliografía.....	246
8.	CONCLUSIONES GENERALES.....	248
8.1.	CONCLUSIONES FASE I.....	248
8.1.1.	Conclusiones Respecto A Los Índices Espectrales.....	248
8.1.2.	Análisis De Resultados De Temperatura Superficial Para Los Años 2010, 2015 Y 2020.....	249

8.1.3. Análisis De Variación De Las Temperaturas En Las 55 Parroquias En El Periodo 2010 - 2019	251
8.1.4. Análisis De Variación De Las Temperaturas En Las Zonas Piloto En El Periodo 2010 -2019	252
8.2. CONCLUSIONES FINALES FASE II	252
8.3. CONCLUSIONES FINALES FASE III.....	254

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Parámetros de selección de las zonas de estudio	27
Cuadro 2 Características de las zonas piloto en función de las variables de estudio.....	29
Cuadro 3 Imágenes seleccionadas para el estudio.....	36
Cuadro 4: Orden jerárquico de las 13 zonas piloto en función de altura y densidad arbórea.	161
Cuadro 5. Relación entre tramos escogidos según hipótesis	163
Cuadro 6: Comprobación de hipótesis y nombres de los tramos	195

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2010	53
Tabla 2 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2015	59
Tabla 3 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2019	66
Tabla 4: Resultados de rango de altura y densidad de árboles de las 13 zonas piloto	152
Tabla 5: Comparación de resultados térmicos de las zonas La Delicia, Kennedy, Iñaquito, Miraflores Bajo, Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Quitumbe y Nueva Aurora.	192
Tabla 6: Comparación de resultados térmicos bajo sombra y sin sombra de árboles de las zonas La Delicia, Kennedy, Iñaquito, Miraflores Bajo, Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Quitumbe y Nueva Aurora.	194
Tabla 7: Local Climate Zone – Ciudad de Quito	211
Tabla 8: Matriz resume clasificación LCZ en zonas piloto.....	217
Tabla 9: Matriz resumen de parámetros de Cañón urbano.....	224
Tabla 10: Matriz resumen de propiedades termales	236
Tabla 11: Factores de clima urbano	238
Tabla 12: Matriz de comparación de Ts entre áreas permeables e impermeables	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tendencias de temperatura en la Ciudad de Quito 1905-2005	22
Figura 2 Fases de la investigación.....	25
Figura 3: Metodología Fase I.....	34
Figura 4: Resultado análisis de temperatura media mensual.....	35
Figura 5: Resultado análisis de temperatura máxima mensual.....	35
Figura 6: Toma de puntos de control	40

Figura 7: Proceso de corrección geométrica	40
Figura 8: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2010	55
Figura 9: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2010.....	56
Figura 10: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2010.....	56
Figura 11: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas Sur de Quito	57
Figura 12: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Norte de Quito 2010.....	58
Figura 13: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2010.....	58
Figura 14: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Suroriente de Quito 2010.....	59
Figura 15: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2015	61
Figura 16: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2015.....	62
Figura 17: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2015	63
Figura 18: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas sur de Quito - 2015.....	63
Figura 19: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Norte de Quito - 2015.....	64
Figura 20: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2015.....	64
Figura 21: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales suroriente de Quito 2015.....	65
Figura 22: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2019	67
Figura 23: Temperaturas superficiales Alangasí	69
Figura 24: Temperaturas superficiales Amaguaña	70
Figura 25: Temperaturas superficiales Belisario Quevedo	71
Figura 26: Temperaturas superficiales Calacalí.....	71
Figura 27: Temperaturas superficiales Calderón	72
Figura 28: Temperaturas superficiales Carcelén	73
Figura 29: Temperaturas superficiales Centro Histórico.....	74
Figura 30: Temperaturas superficiales Checa.....	74
Figura 31: Temperaturas superficiales Chilibulo.....	75
Figura 32: Temperaturas superficiales Chilogallo	76
Figura 33: Temperaturas superficiales Chimbacalle	76
Figura 34: Temperaturas superficiales Cochapamba	77
Figura 35: Temperaturas superficiales Comité del Pueblo	78
Figura 36: Temperaturas superficiales Concepción	78
Figura 37: Temperaturas superficiales Conocoto	79
Figura 38: Temperaturas superficiales Cumbayá	81
Figura 39: Temperaturas superficiales Cotacollao	81
Figura 40: Temperaturas superficiales El Condado.....	82
Figura 41: Temperaturas superficiales El Quinche.....	82
Figura 42: Temperaturas superficiales Guamaní.....	83
Figura 43: Temperaturas superficiales Guangopolo	84

Figura 44: Temperaturas superficiales Guayllabamba.....	85
Figura 45: Temperaturas superficiales Iñaquito	86
Figura 46: Temperaturas superficiales Itchimbía.....	87
Figura 47: Temperaturas superficiales Jipijapa	87
Figura 48: Temperaturas superficiales Kennedy.....	88
Figura 49: Temperaturas superficiales La Argelia.....	89
Figura 50: Temperaturas superficiales La Ecuatoriana	89
Figura 51: Temperaturas superficiales La Ferroviaria.....	90
Figura 52: Temperaturas superficiales La Libertad	91
Figura 53: Temperaturas superficiales La Magdalena	91
Figura 54: Temperaturas superficiales La Mena.....	92
Figura 55: Temperaturas superficiales La Merced	93
Figura 56: Temperaturas superficiales Llano Chico	93
Figura 57: Temperaturas superficiales Mariscal Sucre	94
Figura 58: Temperaturas superficiales Nayón.....	95
Figura 59: Temperaturas superficiales Nono.....	95
Figura 60: Temperaturas superficiales Pifo	96
Figura 61: Temperaturas superficiales Pintag.....	97
Figura 62: Temperaturas superficiales Pomasqui	98
Figura 63: Temperaturas superficiales Ponceano	98
Figura 64: Temperaturas superficiales Puembo.....	99
Figura 65: Temperaturas superficiales Puengasí.....	100
Figura 66: Temperaturas superficiales Quitumbe	101
Figura 67: Temperaturas superficiales Rumipamba	101
Figura 68: Temperaturas superficiales San Antonio	102
Figura 69: Temperaturas superficiales San Bartolo	103
Figura 70: Temperaturas superficiales San Isidro del Inca.....	103
Figura 71: Temperaturas superficiales San Juan	104
Figura 72: Temperaturas superficiales Solanda	104
Figura 73: Temperaturas superficiales Tababela	105
Figura 74: Temperaturas superficiales Tumbaco	106
Figura 75: Temperaturas superficiales Turubamba	107
Figura 76: Temperaturas superficiales Yaruqui	108
Figura 77: Temperaturas superficiales Zábiza	108
Figura 78: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2019.....	109
Figura 79: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2019	110
Figura 80: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas sur de Quito - 2019.....	110
Figura 81: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales norte de Quito - 2019.....	111
Figura 82: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2019.....	111
Figura 83: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales sur oriente de Quito 2019.....	112
Figura 84: Temperatura superficial para La Delicia periodo 2010 - 2019	113

Figura 85: Análisis comparativo de temperatura superficial para La Delicia periodo 2010 - 2019	113
Figura 86: Temperatura superficial para Kennedy periodo 2010 - 2019.....	114
Figura 87: Análisis comparativo de temperatura superficial para Kennedy periodo 2010 - 2019	115
Figura 88: Temperatura superficial para Bicentenario periodo 2010 - 2019	116
Figura 89: Análisis comparativo de temperatura superficial para Bicentenario periodo 2010 - 2019	116
Figura 90: Temperatura superficial para Portugal periodo 2010 - 2019	117
Figura 91: Análisis comparativo de temperatura superficial para Portugal periodo 2010 - 2019	118
Figura 92: Temperatura superficial para Iñaquito periodo 2010 - 2019.....	119
Figura 93: Análisis comparativo de temperatura superficial para Iñaquito periodo 2010 - 2019	119
Figura 94: Temperatura superficial para Floresta periodo 2010 - 2019	120
Figura 95: Análisis comparativo de temperatura superficial para La Floresta periodo 2010 - 2019	121
Figura 96: Temperatura superficial para Miraflores Bajo periodo 2010 - 2019	122
Figura 97: Análisis comparativo de temperatura superficial para Miraflores Bajo periodo 2010 - 2019	122
Figura 98: Temperatura superficial para San Blas periodo 2010 - 2019.....	123
Figura 99: Análisis comparativo de temperatura superficial para San Blas periodo 2010 - 2019	124
Figura 100: Temperatura superficial para Rodrigo de Chávez periodo 2010 - 2019	125
Figura 101: Análisis comparativo de temperatura superficial para Rodrigo de Chávez periodo 2010 - 2019	125
Figura 102: Temperatura superficial para Tnte. Hugo Ortiz periodo 2010 - 2019	126
Figura 103: Análisis comparativo de temperatura superficial para Teniente Hugo Ortiz periodo 2010 - 2019	127
Figura 104: Temperatura superficial para Mayorista periodo 2010 - 2019	128
Figura 105: Análisis comparativo de temperatura superficial para Mayorista periodo 2010 - 2019	128
Figura 106: Temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019	129
Figura 107: Análisis comparativo de temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019	130
Figura 108: Temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019	131
Figura 109: Análisis comparativo de temperatura superficial para Nueva Aurora periodo 2010 - 2019	131
Figura 110: Análisis comparativo de temperatura superficial parroquias urbanas de Quito periodo 2010 - 2019	134
Figura 111: Análisis comparativo de temperatura superficial parroquias urbanas de Quito periodo 2010 - 2019	136
Figura 112: Análisis comparativo de temperatura superficial para las 13 zonas	137
Figura 113: Análisis comparativo de temperatura superficial máxima para zonas piloto periodo 2010 - 2019	140
Figura 114: Análisis comparativo de temperatura superficial máxima para zonas piloto periodo 2010 - 2019	141
Figura 115 Metodología Fase 2	149
Figura 116: Higrohidrómetro digital HTC-2.....	151

Figura 117 Densidad de Kernel arbórea de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.....	153
Figura 118: Densidad de Kernel arbórea de Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.....	154
Figura 119: Rangos de altura del arbolado en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.	155
Figura 120: Rangos de altura del arbolado en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.	156
Figura 121: Rangos del NDVI en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.....	157
Figura 122: Rangos del NDVI en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.....	158
Figura 123: Rangos de temperatura superficial en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.	159
Figura 124: Rangos de temperatura superficial en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.....	160
Figura 125: Tramos seleccionados para la medición in situ.	162
Figura 126: Temperatura del aire del tramo Bdp de la zona de La Delicia.....	164
Figura 127: Temperatura del aire de los tramos L, Lp, B, Bp y Bpz de la zona de La Kennedy.....	167
Figura 128: Temperatura del aire de los tramos C, Cp y Cdp de la zona de Iñaquito	171
Figura 129: Temperatura del aire de los tramos F, Fp, Fdp y Fdpz de la zona de Miraflores Bajo	174
Figura 130: Temperatura del aire de los tramos G, Gz, Gp y Gdp de la zona Rodrigo de Chávez.....	176
Figura 131: Temperatura del aire de los tramos H, Hz, Hdp y Hdpz de la zona Teniente Hugo Ortíz	178
Figura 132: Temperatura del aire de los tramos J y Jz de la zona Quitumbe.....	182
Figura 133: Temperatura del aire de los tramos I, Iz e Ip de la zona Nueva Aurora.....	184
Figura 134: Ubicación de los tramos.....	196
Figura 135: Evolución urbana de la Ciudad de Quito por años.....	204
Figura 136: Ejes temáticos de análisis.....	205
Figura 137: Clasificación <i>Local Climate Zone</i> (LCZ)	206
Figura 138: Cañón urbano	207
Figura 139: Cañón urbano	207
Figura 140: Sky View Factor (SFV)	208
Figura 141: Sky View Factor en Quito, ejemplo	208
Figura 142: Albedo	209
Figura 143: Porcentajes de LCZ en la Ciudad de Quito.....	212
Figura 144: Mapas de clasificación <i>Local Climate Zone</i> (LCZ).....	215
Figura 145: Porcentaje de prototipos LCZ en Zona piloto.....	216
Figura 146: Cantidad de prototipos en las zonas piloto	217
Figura 147: LCZ 3.....	218
Figura 148: Zona piloto 13 – Nueva Aurora	218
Figura 149: Zona piloto 9- Rodrigo de Chávez.....	218
Figura 150: Zona piloto 2 - Kennedy.....	218
Figura 151: Zona piloto8 - Floresta.....	218
Figura 152. LCZ 1.....	219

Figura 153: Zona piloto 4- Portugal	219
Figura 154: Zona piloto 5- Iñaquito	219
Figura 155: Zona piloto 8 – La Floresta	219
Figura 156: LCZ 2	220
Figura 157: Zona piloto 6- Miraflores	220
Figura 158: Zona piloto 12 – Quitumbe	220
Figura 159: Zona piloto 3- Bicentenario	220
Figura 160: Zona piloto 11 – Mayorista	220
Figura 161: LCZ 8.....	221
Figura 162: Zona piloto 4- Portugal	221
Figura 163: Zona piloto 2 – La Kennedy	221
Figura 164: Zona piloto 11- Mayorista	221
Figura 165: Zona piloto 1 – La Delicia.....	221
Figura 166: Zona piloto 12 - Quitumbe.....	222
Figura 167: zona piloto7 – San Blas	222
Figura 168: Zona piloto 5 - Iñaquito	222
Figura 169: Zona piloto La Delicia.....	223
Figura 170: Matriz resumen de cobertura de superficie.....	228
Figura 171: Porcentaje de superficie impermeable y permeable.....	230
Figura 172: Albedo (%) en las zonas piloto.....	232
Figura 173: Calor antropogénico (Qf) en zonas piloto	234
Figura 174: Factores climáticos, humedad en las zonas piloto.....	239
Figura 175: Factores climáticos. Velocidad del viento m/s; dirección del viento	239
Figura 176: Resumen de propiedades de geometría urbana y cobertura de superficie....	240
Figura 177: propiedades termales, albedo y Qf	240
Figura 178: propiedades termales Albedo y Ts	241

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Avance de la mancha urbana de Quito	23
Mapa 2 Área de Estudio - Escala Macro Parroquias Urbanas y Periurbanas	26
Mapa 3 Área de Estudio Escala Micro - 13 Zonas Piloto.....	28
Mapa 4 Imágenes Landsat 7ETM+ 2010 y Landsat 8 OLI 2015.....	37
Mapa 5 Imágenes Landsat 7ETM+ 2019 y Landsat 8 OLI 2020.....	37
Mapa 6 Imágenes resultantes de la corrección atmosférica	38
Mapa 7 NDVI años 2010,2015 y 2019.....	42
Mapa 8 NDVI año 2020	43
Mapa 9 NDBI años 2010 ,2015 y 2019.....	45
Mapa 10 NDBI año 2020	46
Mapa 11 MNDWI años 2010 , 2015 y 2019	48
Mapa 12 NDWI año 2020	49
Mapa 13 LST años 2010, 2015 y 2019 – Escala urbana y periurbana de Quito	51
Mapa 14 Zonas climáticas locales (LCZ) Distrito Metropolitano de Quito.....	213
Mapa 15 Zonas climáticas locales (LCZ) – Parroquias Urbanas	214

LISTADO DE ACRÓNIMOS

SIGLA	DENOMINACIÓN
LST	Temperatura de Superficie
LCZ	Local Climate Zone (Zonas climáticas locales)
MDMQ	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
MNDWI	Índice De Diferencia De Agua Normalizada
NDBI	Índice De Diferencia De Construcción Normalizada
NDVI	Índice Diferenciado De Vegetación Normalizada
SAVI	Índice de Vegetación Ajustado al Suelo
SVF	Sky view factor (Factor de visión del cielo)
Qf	Calor antropogénico

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Banda: convencionalmente, describe la franja del espectro en la que opera el sensor del satélite para captar los niveles de energía emitidos por los objetos y ser traducida digitalmente en cada uno de los archivos que forman una imagen para representar visualmente la información.

Emisividad: La emisividad es la medición de la capacidad de un objeto de emitir energía infrarroja. El valor de la emisividad se calcula por la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura con su entorno. La energía emitida indica la temperatura del objeto. La emisividad puede tener un valor entre 0 (espejo brillante) y 1.0 (cuerpo negro) pero la mayoría de las superficies orgánicas tienen valores de emisividad cercanos a 0.95.

Espectro electromagnético: El espectro electromagnético es la organización de bandas de longitudes de onda o frecuencia desde las más cortas a las más largas. En Teledetección sólo se utilizan algunas de estas bandas, para obtener información de la superficie de la Tierra o de la atmósfera. Entre las bandas más utilizadas están: La luz visible, el Infrarrojo cercano, el Infrarrojo medio, el Infrarrojo lejano o térmico y las Microondas.

Landsat: misión espacial que recibe su nombre de la abreviatura LAND (tierra) y SAT (satélite) cuya constelación de satélites está gestionada por la NASA con el fin de monitorizar y llevar a cabo un seguimiento de la Tierra. Entre los productos más convencionales ofrecidos por los satélites de la misión se encuentran sus imágenes de satélite de libre descarga.

Metadato: Son un conjunto de datos que describen el contenido informativo de un recurso, de archivos o de información de los mismos, y sirven para suministrar información sobre los datos producidos. Los metadatos consisten en información que caracteriza datos, describen el contenido, calidad, condiciones, historia, disponibilidad y otras características de los datos.

Niveles Digitales: La resolución radiométrica depende del número de bits que sea capaz de almacenar un sensor. En el caso de landsat son 8 bits y por tanto 256 niveles de gris, de manera que se transforma la cantidad de energía que llega al sensor en números entre 0 y 255 que se denominan Niveles Digitales (ND).

LST: acrónimo de la expresión Land Surface Temperature, descriptiva de subproductos Landsat que permiten representar mapas de temperatura aparente a partir de las bandas 4, 5, 10 y 11.

MNDWI: acrónimo empleado para describir al Índice Diferencial de Agua Normalizado Mejorado generado a partir de las bandas del SWIR y el verde visible y empleado en el análisis de masas de agua y humedad.

NDBI: acrónimo del índice de diferencia normalizada edificada (Normalized Difference Built Index) destinado a identificar la distribución de zonas edificadas bajo infraestructuras antrópicas mediante el manejo de bandas como el NIR y el SWIR.

NDVI: acrónimo empleado para describir al **Índice de Vegetación Diferencial Normalizado** generado a partir de las bandas del rojo visible e infrarrojo cercano para

discriminar cuantitativamente las zonas con presencia de vegetación, zonas desnudas y presencia de masas de agua.

NIR: acrónimo con el que se designa a la parte del espectro electromagnético del infrarrojo cercano (**Near Infrared Reflectance**) y que suele emplearse para identificar la banda de trabajo de un satélite en esta región del espectro. Por ejemplo, la banda 8 del satélite Sentinel 2. Una de sus mayores aplicaciones está en el estudio de la vegetación.

OLI: abreviatura del instrumento **Operational Land Imager** a bordo de Landsat y destinado a obtener las tradicionales bandas de imágenes del espectro visible, el infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR). A través de esta nomenclatura es posible identificar el nivel de producto de imágenes en la nomenclatura de archivos Landsat.

Radiancia: Corresponde a la energía enviada en una dirección dada hacia el sensor.

Reflectancia: Relación entre la energía radiante reflejada por un cuerpo y la incidente a él. Razón entre irradiancia y radiancia expresada en porcentaje. La Reflectancia o reflectividad de los cuerpos, varía según la longitud de onda que incide sobre ellos, normalmente la reflectividad aumenta a medida que la longitud de onda disminuye, no obstante existen cuerpos donde esta relación es inversa (nieve) o irregular (vegetación). También la reflectividad está influenciada por la textura del cuerpo, para una misma longitud de onda, la reflectividad más baja se encuentra en el agua, aumenta para el suelo, vegetación enferma, vegetación sana y es máxima para la nieve.

Resolución espacial: Capacidad de un sistema de teledetección para registrar una unidad mínima espacial o de distancia de la superficie terrestre. También se puede definir como la mínima distancia entre dos objetos que puede diferenciar en el terreno un sensor, se expresa en metros, metros cuadrados y en radianes. También se define como la medida de la distancia angular o linear más pequeña que puede captar un sensor de la tierra representada por un pixel. La resolución espacial es también denominada resolución geométrica o IFOV.

Resolución espectral: Es la capacidad de un sensor remoto para registrar datos en distintas partes o bandas del espectro electromagnético, caracterizando con mayor o menor precisión un determinado fenómeno de la superficie de la tierra. Un sensor será tanto más idóneo cuanto mayor número de bandas proporcione, ya que facilita la caracterización espectral de las distintas cubiertas. En sensores multiespectrales, para cada banda corresponde una imagen.

Resolución radiométrica, normalmente medida en bits (dígitos binarios), es el rango de valores de brillo disponibles, los cuales en la imagen corresponden al máximo rango de DN's; por ejemplo una imagen con 8 bit de resolución tiene 256 niveles de brillo (Richards and Jia, 2006). Define la sensibilidad de un detector a las diferencias de fuerza de la señal detectada.

Resolución temporal: Es el tiempo requerido para la revisita de un sensor (satélite) de la misma área de la Tierra.

Respuesta espectral o Firma espectral: La firma espectral es la reflectancia como una función de longitud de onda. Cada material tiene una firma única, por lo tanto, se puede utilizar para la clasificación de materiales.

Suelo Erial: Se refiere al terreno que está sin cultivar.

SWIR: acrónimo con el que se designa a la parte del espectro electromagnético del infrarrojo de onda corta (Short Wave Infrared) y que suele emplearse para identificar la banda de trabajo de un satélite en esta región del espectro. Por ejemplo, la banda 11 del satélite Sentinel 2. Una de sus mayores aplicaciones está en el estudio de incendios y fenómenos geológicos.

Teledetección: Técnica mediante la cual se obtiene información sobre la superficie de la Tierra, a través del análisis de los datos adquiridos por un sensor o dispositivo situado a cierta distancia, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas o emitidas.



ANTECEDENTES

El proceso de urbanización y crecimiento poblacional desde la época de la industria ha tenido un crecimiento acelerado, este hito importante trajo consigo la expansión urbana de muchas ciudades en el mundo y con ello la disminución del índice de vegetación en el paisaje natural y el incremento del índice de construcción que ha ido cubriendo la superficie de las ciudades con materiales impermeables (pavimento, concreto, asfalto etc.) convirtiendo grandes extensiones en áreas impermeables que impiden el drenaje natural de las aguas lluvias hacia los acuíferos, además, provocan la disminución del albedo, lo que ocasiona una gran absorción de la radiación solar y por consiguiente el calentamiento de las superficies en las ciudades.

Por otra parte, el proceso de urbanización a escala de ciudad requiere de servicios básicos como: agua potable, alcantarillado, drenaje pluvial, alumbrado público, internet, recolección de residuos, transporte, vivienda, etc., estos servicios demandan electricidad y combustibles para funcionar; siendo el uso del transporte en la ciudad el que emite mayormente CO₂ (dióxido de carbono); además, las edificaciones para hacerlas habitables y confortables de acuerdo con el clima y entorno donde se encuentran, requiere de iluminación, aire acondicionado, calefactores, electrodomésticos, etc., los mismos que necesitan de energía eléctrica y/o gas para su funcionamiento, a esto se suma el gran consumo de energía eléctrica y combustible, por parte de los vehículos y edificaciones genera calor y si, a esto se suma el calor generado por el metabolismo humano y animal obtenemos un gran flujo de calor que se concentra en las ciudades llamado calor antropogénico.

La impermeabilización urbana debido a la expansión y la sustitución de la cobertura vegetal configuran un microclima urbano más cálido que se diferencia de su periurbano, a este fenómeno se conoce como isla de calor urbana (Alberti 2008) (Akbari et al. 2008). Existe una relación entre el tamaño de la ciudad en términos de densidad y superficie con la intensidad de la isla de calor urbana (en adelante ICU), es decir que a mayor dimensión de la ciudad mayor será la diferencia térmica entre ésta y su periurbano (Oke 1973).

Las edificaciones almacenan calor y las actividades humanas como la industria y el transporte generan gases de efecto invernadero que aumentan más las temperaturas (Akbari et al. 2008); en un contexto de cambio climático el fenómeno de la ICU se intensifica aún más y puede introducir efectos negativos en la salud a través del estrés térmico y la estimulación del ozono troposférico a nivel del suelo originando enfermedades respiratorias y causando el deterioro del clima en el espacio público (Rizwan, Dennis, and Chunho 2008a) (Martins et al. 2016).

Quito no se escapa de esta problemática global de expansión urbana, de hecho, es una ciudad cuyo modelo de crecimiento responde a la dispersión y a las bajas densidades. Por ejemplo:

“Entre 1962 y 1980 el área urbana tuvo un crecimiento cercano al 500 %, y en ella no se consideraron las áreas conurbanas ni el crecimiento en altura; la densidad global de la ciudad bajó ostensiblemente de 213 a 68 habitantes por hectárea; aparecieron nuevas alternativas residenciales para los sectores de bajos ingresos en los eufemísticamente considerados «barrios periféricos»; se produjo una relocalización de las actividades industriales, comerciales y administrativas; el parque automotor de la ciudad creció en más de seis veces.” (Carrión y Erazo 2012, 516)

Entre 1960 a 1990 Quito pasa de un modelo concéntrico a uno lineal al crearse dos polos, las residencias de las familias pudientes al norte y los inmigrantes y más pobres al sur, posteriormente, desde 1990 a la actualidad empieza el proceso de una amplia expansión urbana y de metropolización de la ciudad al conturbarse Quito con los Valles; el vehículo se transforma en un artefacto de prestigio y las mayores preocupaciones municipales están enfocadas en la ampliación de vías para “disminuir” tiempos en los recorridos haciéndolos “eficientes” (Carrión and Erazo 2012).

En este contexto, la evolución histórica de la ciudad así como los otros factores mencionados, aportan a la modificación del microclima urbano, el cual está representado por la presencia de la isla de calor urbano (ICU), siendo sus efectos el incremento de la temperatura de superficie y temperatura del aire, disminución del albedo, evapotranspiración, entre otros.

Es así que la valoración de criterios que influyen en la isla de calor urbano (ICU) en el Distrito Metropolitano de Quito como el cambio de usos de suelo, la existencia de vegetación arbórea y la influencia de la morfología urbana, permitirán tener un panorama claro respecto a la distribución espacial de este fenómeno, al relacionar el aumento de temperatura superficial con la impermeabilización del suelo, determinar en qué medida el arbolado urbano ayuda a disminuir la temperatura del aire en los cañones urbanos y como el análisis de la morfología urbana permite caracterizar la ciudad en zonas climáticas.

El rol termorregulador de la vegetación urbana generalmente está atribuida a dos mecanismo distintos: la sombra y la evapotranspiración, el primero ocurre a través de la intercepción de la radiación solar por el dosel arbóreo reduciendo la ganancia de calor, el almacenamiento y la emisión de radiación de onda larga; el segundo mecanismo surge de la conversión del calor sensible en calor latente a través de la combinación de pérdida de agua de las hojas por transpiración y la pérdida de agua del suelo por evaporación enfriando el aire dentro y alrededor del dosel (Tan et al. 2018).

En la primera fase se identifica las zonas de Quito con mayores temperaturas superficiales para el mes de septiembre de los años 2010, 2015 de forma general y para el año 2019 se realiza un análisis específico para cada parroquia. También aborda desde el análisis estadístico el comportamiento de la temperatura superficial de 13 zonas de la meseta central de Quito. Esta fase busca proporcionar datos precisos sobre zonas con altas temperaturas superficiales en la ciudad de Quito y sus alrededores, que permitan la implementación de estrategias de planificación orientadas a mitigar la exposición de las personas a este fenómeno, mejorando así su calidad de vida y protección al medio ambiente.

En la segunda fase del presente estudio se evalúa el mecanismo de termorregulación de los árboles a través de la medición de temperatura del aire en tramos de calles arboladas versus no arboladas. Los resultados demuestran que la temperatura del aire a 1,2 metros de altura bajo la sombra de un árbol llega a disminuir hasta en 12^o C en comparación con sus alrededores sin sombra.

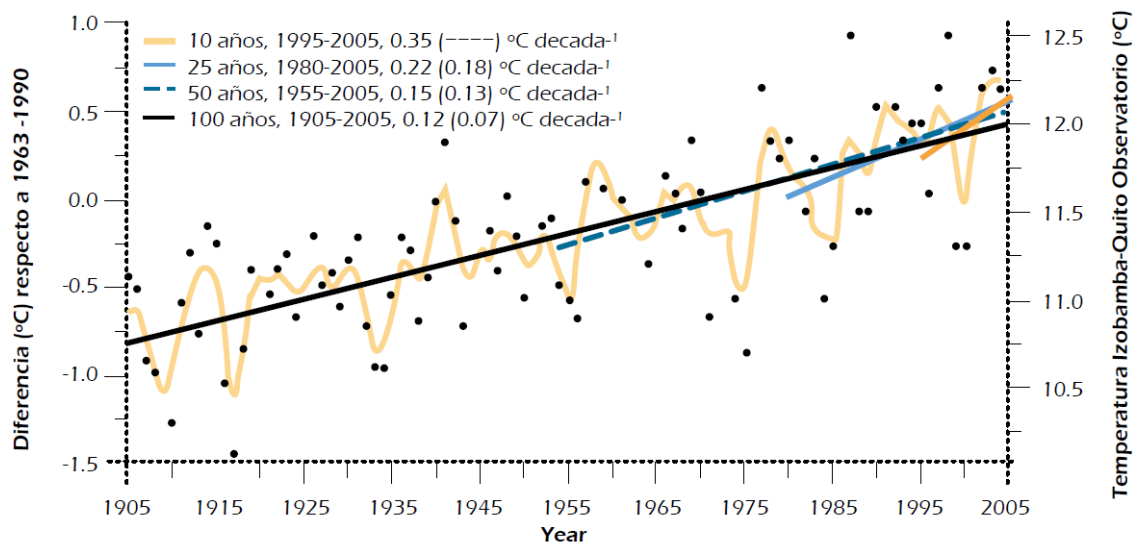
En la tercera fase se analiza la influencia de la geometría urbana en la conformación de la isla de calor urbano (ICU) en la ciudad de Quito, para ello se basa en la teoría Local Climate Zone (LCZ) de Stewart & Oke (2012) y en la tesis doctoral Ciudad y cambio microclimático de la Ciudad de Quito (Maigua, 2020) con la finalidad de conocer la relación que existe entre las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades termales.

La presente investigación confirma la presencia del fenómeno de islas de calor en la Ciudad de Quito, a través las tres fases de investigación, en las cuales se indican que los amplios espacios verdes arborizados como parques metropolitanos, urbanos y quebradas tienen las temperaturas superficiales más bajas, demostrando que la vegetación disminuye los efectos de la isla de calor (ICU) en la ciudad, al contrario de la geometría urbana y cobertura de superficie que contribuye a la formación e intensificación de ICU.

1. PROBLEMA

El Municipio de Quito ha elaborado un diagrama del comportamiento del clima de la Ciudad de Quito desde el año 1905 al año 2005 (Ver figura 1), en donde se observa que desde el año 1995 al año 2005 no se ha incrementado la temperatura; desde el año 1980 al año 2005 se incrementa 0.18° cada década; desde el año 1955 al año 2005 se incrementa 0.13° cada década y desde el año 1905 al año 2005 se incrementa en 0.07° cada década.

Figura 1 Tendencias de temperatura en la Ciudad de Quito 1905-2005

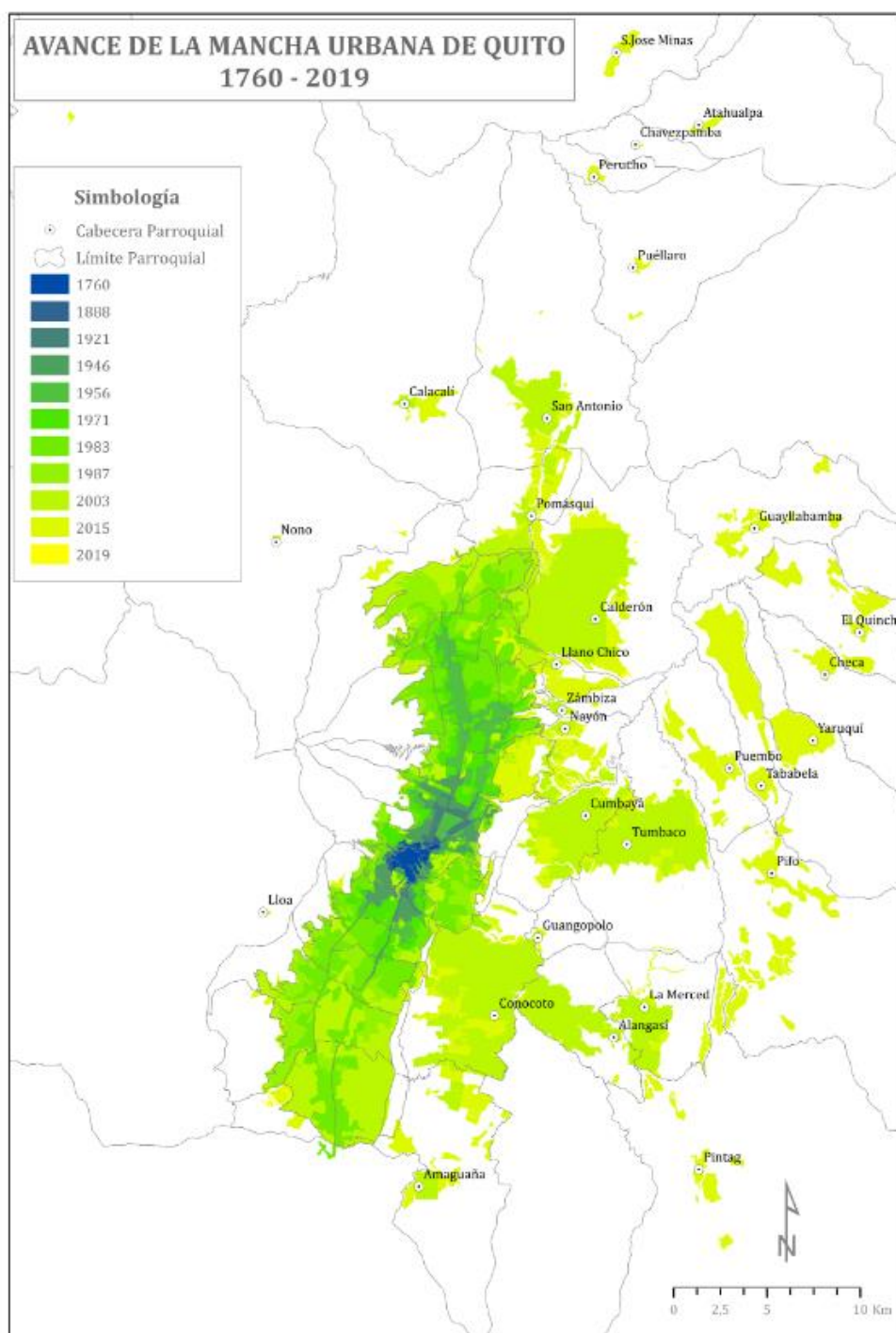


Fuente: (ZAMBRANO et al., 2011, p. 518)

Si observamos el crecimiento poblacional (Mapa nº1) y la evolución de la mancha urbana en la Ciudad de Quito, podemos constatar que existe una relación. Por lo tanto, el área de superficie impermeable se ha incrementado, la vegetación ha disminuido al igual que la evapotranspiración y el microclima urbano se ha modificado, presentándose la formación de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito.

No obstante, el mapa anterior no considera los núcleos urbanos en suelo rural, y las escalas usadas, dificultan el análisis requerido para los objetivos planteados, por lo que en esta investigación se optó por realizar un análisis mediante técnicas de teledetección que permiten tener resultados más certeros.

Mapa 1 Avance de la mancha urbana de Quito



Fuente: Gobierno Abierto, MDMQ (2020)
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Esa expansión ha implicado el relleno de quebradas y la fragmentación de los ecosistemas, la pérdida de suelo agrícola, las altas dependencias de fuentes hídricas extraterritoriales, el incremento de la contaminación industrial y domiciliar sobre cuerpos de agua, el aumento de la presión sobre acuíferos, cauces hídricos y suelo así como contaminación acústica y del aire (Municipio del DMQ 2012).

La persistencia urbano expansiva en la última década ha producido la disminución de 395 Has de protección ecológica. También se ha producido la pérdida de 10.754 Ha de cobertura vegetal -boscosa y áreas semi-naturales y el incremento de 6.413 Has cultivadas en áreas de protección (Municipio del DMQ 2012).

Quito tiene un alto nivel de radiación por sus características geográficas, latitud 0 y altitud de 2800msnm, por cada 1000 metros de incremento de la altitud la intensidad de la radiación ultra violeta aumenta en un 10 a 12% (OMS et al. 2003). El índice ultravioleta (IUV) tiene cinco categorías de exposición solar: baja (<2), moderada (3-5), alta (6-7), muy alta (8-10) y extremadamente alta (11+) (OMS et al. 2003); en Quito el 45,2% de los días del año durante el periodo 2009 a 2011 registró la categoría 11+ (Ávila, Larco, and Scholz 2014), es decir que casi la mitad del año nos exponemos a máxima radiación ultravioleta.

La exposición a la radiación solar puede producir efectos agudos y crónicos en la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunitario como cáncer a la piel, fotoqueratitis, fotoconjuntivitis y aumentar el riesgo de infecciones víricas, bacterianas, parasitarias o fúngicas; en exposiciones que varían de 8 a 11+ se recomienda evitar salir durante las horas centrales del día (10h00 a 14h00), usar ropa que cubra todas las partes del cuerpo, proteger el rostro, ojos y cuello, buscar la sombra y utilizar protección solar extra (OMS et al. 2003).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Analizar la distribución espacial de la temperatura superficial y la valoración de criterios que influyen en la isla de calor urbano (ICU) en el Distrito Metropolitano de Quito: la vegetación arbórea y la morfología urbana.

2.2. Objetivos Específicos de las tres fases

Con respecto a la distribución espacial de temperaturas superficiales

- Realizar el análisis multitemporal que determine la presencia islas de calor para el mes de septiembre de los años 2010, 2015, y 2019, para 55 parroquias del DMQ
- Analizar los cambios de temperatura en 55 parroquias de Quito y realizar un análisis específico para 13 zonas piloto de la meseta central.

Con respecto al criterio de la vegetación arbórea:

- Determinar en qué medida la vegetación influye en la temperatura superficial
- Conocer en qué medida la existencia de vegetación arbórea mejora las condiciones de confort climático en los cañones urbanos aplicado a las 13 zonas piloto mediante la toma de medidas in-situ.

Con respecto al criterio de la morfología urbana:

- Analizar las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades térmicas, para conocer como aportan en la conformación de los efectos de la isla de calor urbano (ICU) en las 13 zonas piloto.

3. ALCANCE Y METODOLOGÍA

El estudio se realiza en tres fases, una primera que abarca un análisis urbano y periurbano involucrando 55 parroquias de Quito, producto de lo cual se identifican islas de calor estableciendo la distribución espacial y cambios de temperatura superficial en el periodo 2010-2019; esta Fase involucra además una escala de análisis en 13 zonas piloto dispuestas de norte a sur en la meseta central de Quito en las que se realiza un análisis más específico de temperatura superficial para los años 2010, 2015 y 2019 identificando los puntos donde se generan picos de alta temperatura superficial, así como valores mínimos, promedio y rango más predominante de temperatura.

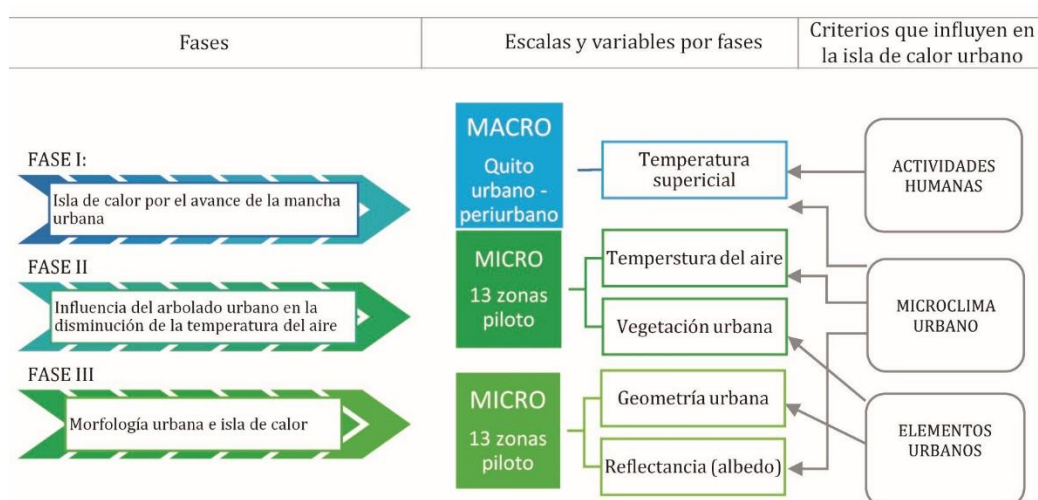
La segunda fase se aplica exclusivamente en las 13 zonas piloto y comprende el análisis cuantitativo del arbolado público¹, el índice de vegetación de diferencia normalizada y la temperatura superficial en marzo 2020. Luego de dicho análisis se escogen 21 tramos de calles ubicadas al interior de las 13 zonas para la medición de temperatura del aire.

La tercera fase realiza la valoración de las propiedades de geometría urbana (sky view factor, aspect ratio), cobertura de superficie (superficie permeable, impermeable y materiales de construcción) y propiedades térmicas (albedo, calor antropogénico Qf y temperatura tura de superficie) en las 13 zonas piloto.

Cada etapa desarrolla por separado las principales variables que configuran el fenómeno de isla de calor urbana, la primera a una escala macro que abarca la ciudad de Quito considerando la temperatura superficial y su distribución espacial; la segunda, incorpora las variables de la vegetación y la temperatura del aire a escala micro en 13 zonas representativas de las ciudad; y al tercera, utiliza las variables de la geometría urbana y la reflectancia de los materiales.

Finalmente, el resultado del estudio da un panorama amplio sobre el fenómeno de isla de calor en la ciudad de Quito, a partir de la cual quedan trazadas líneas de investigación futuras alrededor de la ciudad en el contexto de cambio climático.

Figura 2 Fases de la investigación



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

¹ Este arbolado corresponde a la base de datos producto del *Proyecto Plan Árbol*

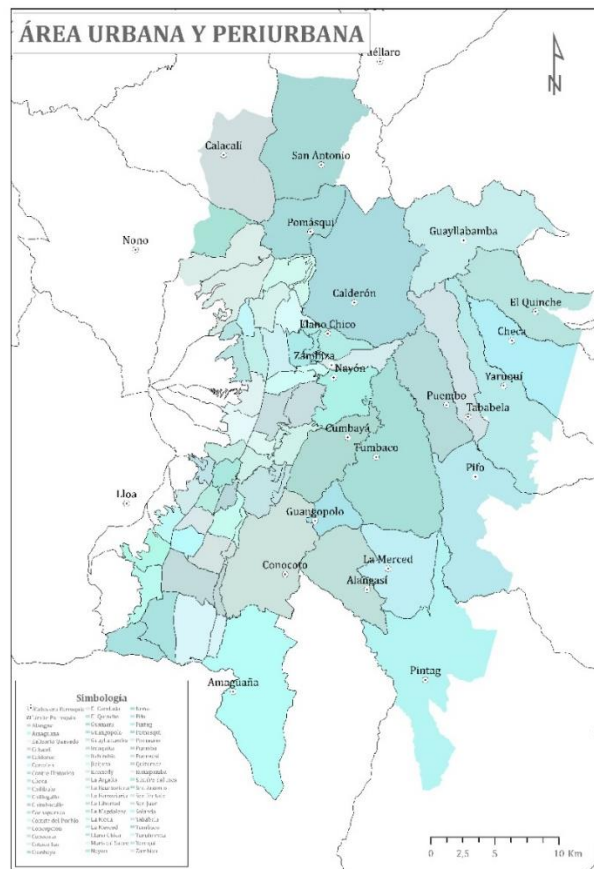
4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se desarrolla en dos escalas: Una escala Urbana y Periurbana y una escala micro a nivel de 13 zonas piloto localizadas en la meseta central de Quito, que se describen a continuación:

4.1. Escala Macro: Parroquias urbanas y periurbanas

Esta área comprende las 32 parroquias urbanas de Quito y 23 parroquias del área rural en los sectores con mayor consolidación o en la que se observan procesos de consolidación, estas son: Alangasí, Amaguaña, Belisario Quevedo, Calacalí, Calderón, Carcelén, Centro Histórico, Checa, Chilibulo, Chillogallo, Chimbacalle, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, Conocoto, Cotocollao, Cumbayá, El Condado, El Quinche, Guamaní, Guangopolo, Guayllabamba, Iñaquito, Itchimbía, Jipijapa, Kennedy, La Argelia, La Ecuatoriana, La Ferroviaria, La Libertad, La Magdalena, La Mena, La Merced, Llano Chico, Mariscal Sucre, Nayón, Nono, Pifo, Pintag, Pomasqui, Ponceano, Puenbo, Puengasí, Quitumbe, Rumipamba, S.Isidro del Inca, San Antonio, San Bartolo, San Juan, Solanda, Tababela, Tumbaco, Turubamba, Yaruquí, Zábiza. Esta área de estudio tiene una superficie de 119.086.3 ha.

Mapa 2 Área de Estudio - Escala Macro Parroquias Urbanas y Periurbanas



Elaboración: CIUQ (2020)

4.2. Escala Micro – 13 Zonas Piloto

Se seleccionaron como zonas piloto 13 sectores localizados en la meseta central de la ciudad de Quito para el norte, centro y sur de la ciudad (Mapa nº3). Dado que se esperaba obtener sectores de muestra que tengan características diversas de la ciudad, los criterios de selección de las zonas piloto se basaron en criterios de ubicación, condiciones socioeconómicas y variables de planificación territorial. Las variables consideradas fueron:

Cuadro 1 Parámetros de selección de las zonas de estudio

Criterio	Variable	Descripción
Ubicación	Norte Centro Sur	Corresponde a la ubicación dentro de la ciudad: Norte, centro y sur de la meseta central de Quito
Socioeconómico	Densidad Poblacional ²	Corresponde a la cantidad de personas por metro cuadrado por sector censal.
	Vulnerabilidad a la pobreza ³	Corresponde a la medida de pobreza multidimensional que considera las dimensiones de: Capacidad económica, acceso a educación básica, acceso a vivienda, acceso a servicios básicos y hacinamiento. Las categorías generadas por el indicador van desde A hasta D, siendo A
Planificación territorial ⁴	Áreas de venta de edificabilidad	Corresponde a las zonas de venta de edificabilidad por suelo creado, de acuerdo a la Ordenanza Metropolitana nº003.
	Uso De Suelo	Corresponde a los usos principales del Suelo, establecidos por el Plan de uso y Ocupación del Suelo.
	Zonificación	Corresponde a las formas de ocupación y edificabilidad, establecidas por el Plan de uso y Ocupación del Suelo.

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para la selección de estas zonas, se consideró además sectores con alto tráfico peatonal debido a la presencia de equipamientos como mercados, escuelas, centros de negocios, hospitales, parques y zonas cercanas a sectores con actividad industrial.

Las zonas seleccionadas se muestran en el siguiente mapa:

² Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010 .

³ Fuente: MDMQ, Atlas Ambiental 2016.

⁴ Fuente: Plan de Uso y Ocupación del Suelo, Ordenanza Metropolitana nº 210 (18/04/2018).

Mapa 3 Área de Estudio Escala Micro - 13 Zonas Piloto



Fuente y Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Las características de cada sector, para cada uno de los parámetros seleccionados se resumen en el siguiente cuadro:



Cuadro 2 Características de las zonas piloto en función de las variables de estudio

Datos Generales				Socioeconómicos		Planificación Territorial		
Zona	Nombre	Referencia	Área en ha	Densidad Poblacional	Vulnerabilidad a la pobreza	Áreas de venta edificabilidad	Uso De Suelo	Zonificación
Zona 01	La Delicia	Sector de la Administración Zonal La Delicia, entre calles Ramón Chiriboga, Rumichaca, Diego de Vásquez y Av. De la Prensa. Cercanías del mercado La Ofelia	40.63	Alta	Media Media Alta	BRT	M M RU3 E	D203H-70 D406-70 D304-80 ZC
Zona 02	Kennedy	Sector de la Av. Ramón Borja, entre Galo Plaza Lasso y Gonzalo Zaldumbide. Presencia de 3 equipamientos educativos y el Parque Kennedy	36.44	Media Alta	Media Media Baja	NO	E E RU2 M M	A604-50 B304-50 A608-35 A610-50 A810-35
Zona 03	Bicentenario	Frente al parque Bicentenario entre las calles Nicolás López y Gonzalo Salazar, desde la Av. De La Prensa Hasta Francisco Miranda. Parque e Iglesia de La Concepción	13.06	Media alta	Media Baja	NO	RU3 RU3 RU2 E E	A50012-25 A812-35 A604-50 A604-50 Z
Zona 04	Iñaquito	Desde la Av. NNUU hasta Juan Pablo Sanz y desde Av. Amazonas hasta Iñaquito. Colegio de Arquitectos del Ecuador Provincial Pichicha.	18.76	Media alta	Media Baja	METRO	M M	A1016-40 A612-50
Zona 05	Portugal	Desde Av. NNUU hasta Portugal y desde Av. Los Shyris hasta Av. 6 de Diciembre. Sector financiero de Quito.	12.50	Alta	Media Baja Baja	METRO	M M M RU3	A1016-40 A812-50 A612-50 A610-50
Zona 06	Miraflores Bajo	Desde calle 18 de septiembre hasta Bogotá y desde Av. 10 de Agosto hasta Venezuela. Cerca al Parque El Ejido.	29.48	Media	Media Media Alta	METRO	M M M RU3 RU3 E Z	C612-70 D610-70 D408-70 D304-80 D406-70 A606-50 Z



Datos Generales				Socioeconómicos		Planificación Territorial		
Zona	Nombre	Referencia	Área en ha	Densidad Poblacional	Vulnerabilidad a la pobreza	Áreas de venta edificabilidad	Uso De Suelo	Zonificación
Zona 07	San Blas	Desde Av. Colombia hasta Iquique y desde y desde Sodiro hasta Esmeraldas. Cercanía con el parque El Ejido, Maternidad Isidro Ayora.	20.45	Media	Media Media Alta	NO	M RU3 RU2 E	D304-80 D202H-70 D203H-70 Z2
Zona 08	La Floresta	Polígono comprendido entre: Av. La Coruña, Ladrón de Guevara, Toledo, Madrid, Isabel La Católica. Sector residencial con alta presencia de actividades económicas, se encuentra dentro del Plan Especial La Floresta.	27.78	Media	Media Baja Media	NO	RU3 RU2 RU2 RU2 RU2 RU1 RU1 E	A606-50 C304-70 D304-80 D406-70 A606-50 A608-50 A604-50 A606-50 B408-60
Zona 09	R. de Chávez	Polígono comprendido entre Av. Pedro Vicente Maldonado, Antonio Prado, Pedro Dorado, Pedro de Alfaro, Jaime del Castillo. Sector de La Villaflora.	14.95	Media alta	Media	BRT	M RU3 RU3 RU2 RU2 E	D408-70 C304-70 D304-80 C304-70 D304-80 Z2
Zona 10	Tnte. Hugo Ortiz	Polígono comprendido entre Av. Tnte. Hugo Ortiz, Alonso de Angulo, Av. Mariscal Sucre. Sector ciudadela Atahualpa, Calle Michelena.	35.66	Media alta	Media	BRT	M RU2 E	D408-70 D304-80 A604-50
Zona 11	Mayorista	Polígono comprendido entre las calles ManglarAlto, El Progreso. Frente al mercado mayorista, Presencia de las bodegas del AGROPESA y línea del tren.	13.97	Alta	Alta	ZUAE	RU3 RU3	D203-80 D304-80



Datos Generales				Socioeconómicos		Planificación Territorial		
Zona	Nombre	Referencia	Área en ha	Densidad Poblacional	Vulnerabilidad a la pobreza	Áreas de venta edificabilidad	Uso De Suelo	Zonificación
Zona 12	Quitumbe	Polígono comprendido entre las calles Cóndor Ñan, Quitumbe Ñan, Pachamama, Llira Ñan. Sector de La Balvina, Plywood Sector con amplia presencia de actividad industrial, Zona Quitumbe.	17.26	Media alta	Media Media Alta	NO	M RU3 RU3 RU3 E Z	D406-70 D304-80 D408-70 D406-70 Z2 Z2
Zona 13	Nueva Aurora	Polígono comprendido entre las calles Quitumbe Ñan, Mishos Simbaña, Pedro Vicente Maldonado. Barrio Nueva Aurora Zona travesada por una quebrada rellena por donde pasa la vía S47D	30.02	Alta	Alta	ZUAE	M M RU3	D408-70 D304-80 D304-80

Fuente: PMDMQ, Plan de Uso y Ocupación del Suelo, Ordenanza Metropolitana nº210 (12/04/2018)

Fuente: INEC, Censo de Población Vivienda 2010

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

F A S E I

5. FASE I

La Fase I del estudio, tiene por objetivo hacer un análisis multitemporal para el mes de septiembre de los años 2010, 2015 y 2019 con la finalidad de establecer la temperatura superficial en esas fechas, e identificar el patrón de la distribución espacial de dichas temperaturas.

Para el efecto, mediante herramientas de Teledetección y a través del uso de imágenes satelitales LANDSAT 7 TM+ y LANDSAT 8 OLI, se calcula índices de vegetación, construcción, evapotranspiración, vegetación ajustado al suelo y temperatura superficial para septiembre de los años 2010, 2015 y 2019, y para el mes de marzo de 2020, ésta última imagen sirve como insumo para las fases II y III de la presente investigación.

La Fase I aborda dos escalas de análisis: La primera corresponde a la zona urbana y periurbana del DMQ conformada por 55 parroquias, en las que se realiza un análisis general de temperaturas superficiales para los años 2010 y 2015, identificando las parroquias con las mayores temperaturas superficiales, diferenciando el análisis entre parroquias urbanas y rurales, así como parroquias localizadas al norte, centro, sur, nororiente y suroriente de la ciudad. Para el año 2019, se efectúa un análisis más específico de la distribución espacial de la temperatura superficial, identificando hitos de concentración de calor, así como la presencia de islas frías. En el 2019 también se diferencia entre parroquias urbanas y rurales así como parroquias localizadas al norte, centro, sur, nororiente y suroriente de Quito.

El análisis por parroquia determina los valores máximos, mínimo, promedio y rangos de calor predominante, así como los cambios de temperatura en los periodos 2010-2015 y 2015-2019.

Una segunda escala de análisis, corresponde a 13 zonas piloto localizadas en la meseta central de Quito, las cuales determinan los valores máximos, mínimos, promedio y rangos de calor predominante. También se analiza de forma preliminar el comportamiento de los datos de temperatura superficial obtenidos y su posible relación con la materialidad en cada zona para los 3 años en análisis.

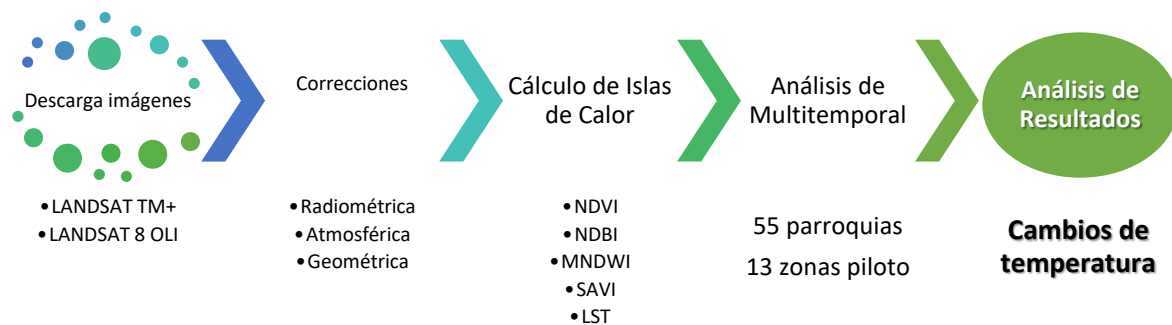
5.1. Metodología

De forma general, la metodología de la Fase I, se centra en el uso de técnicas de teledetección para identificar las zonas con presencia de islas de calor, y su evolución en el tiempo.

Para el efecto se seleccionó imágenes satelitales de libre acceso, las cuales se someten a un procesamiento que permite obtener índices de vegetación, de evapotranspiración, de construcción y temperatura superficial.

El análisis se efectúa mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, usando como insumo adicional, las ortofotos de los años 2010, 2015 y 2020 de la zona de estudio, que permitió validar los resultados arrojados por el sensor, así como información de la cobertura vegetal del suelo del Distrito Metropolitano de Quito. El proceso realizado se resume en la siguiente gráfica, el detalle de cada sub-fase se explica a continuación:

Figura 3: Metodología Fase I

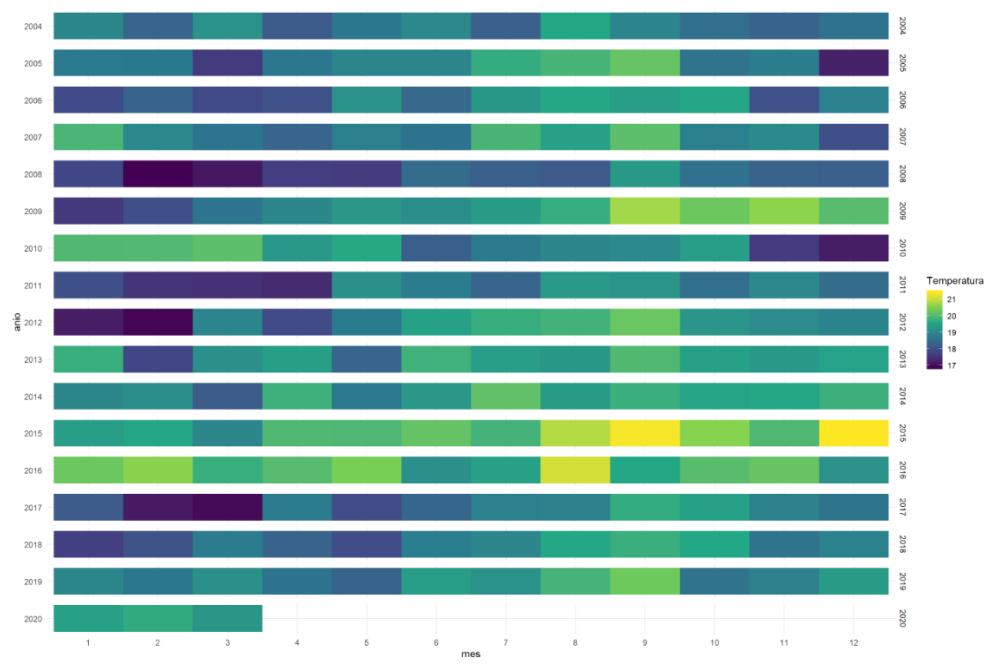


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.1.1. Descarga de imágenes

La temporalidad del estudio comprende los años 2010, 2015, 2019 y 2020. Para el año 2010 se utilizó el Landsat 7 ETM+ y para los demás años se utilizó imágenes de Landsat 8 OLI. Para definir la época de estudio más adecuada, se realizó un análisis de los valores de temperatura desde enero de 2010 a marzo de 2020, para identificar los meses con los mayores registros de temperatura, en las horas de mayor concentración de calor comprendido entre las 10:00 a las 14:00. El análisis se efectuó sobre la base de datos diaria de las estaciones meteorológicas del DMQ y se utilizó para el procesamiento de los datos el programa estadístico R. Los resultados arrojaron que, en la década analizada, el mes de septiembre registró en promedio los mayores niveles de temperatura en los rangos seleccionados, tal y como se muestra en las siguientes figuras:

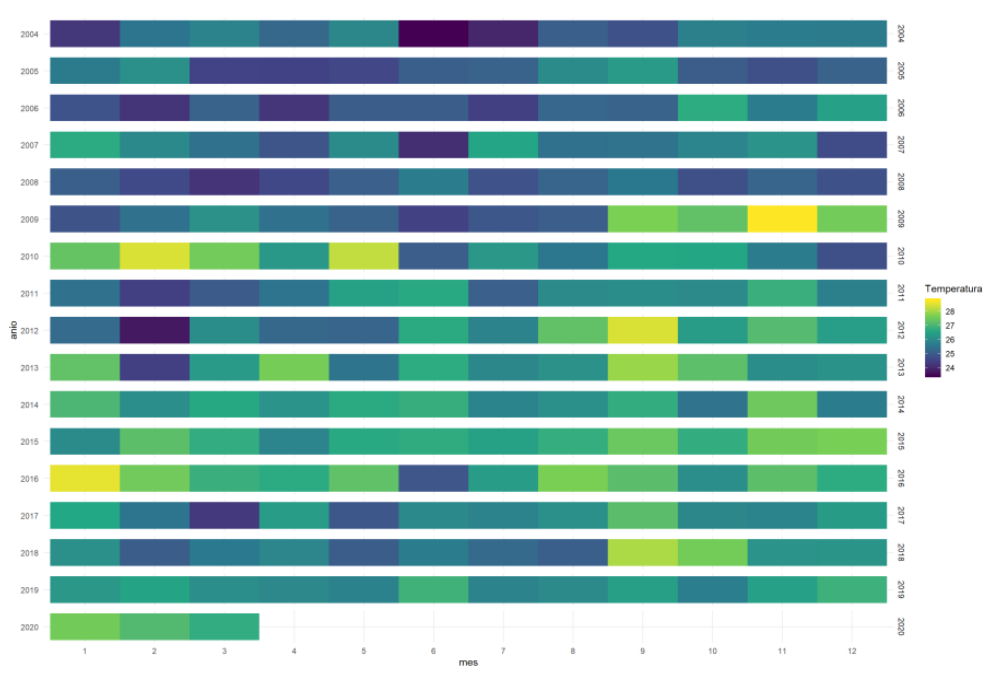
Figura 4: Resultado análisis de temperatura media mensual



Elaboración: CIUQ (2020)

También se realizó el análisis de los valores **máximos** de temperatura, para los rangos horarios entre las 10:00 y 14:00, en las que nuevamente se observó que el mes de septiembre registra los valores más alto, por lo que se escogió este mes para realizar el estudio.

Figura 5: Resultado análisis de temperatura máxima mensual



Elaboración: CIUQ (2020)

Por otra parte, la Fase II del estudio que contempla la medición in situ de temperatura ambiente, se realizó en marzo del 2020, por lo que se incorporó al análisis de la Fase I, la imagen para esta fecha.

La selección de las imágenes se efectuó además, a través del análisis de disponibilidad de la información, seleccionando aquellas que tengan la menor nubosidad posible, resultando en las siguientes:

Cuadro 3 Imágenes seleccionadas para el estudio

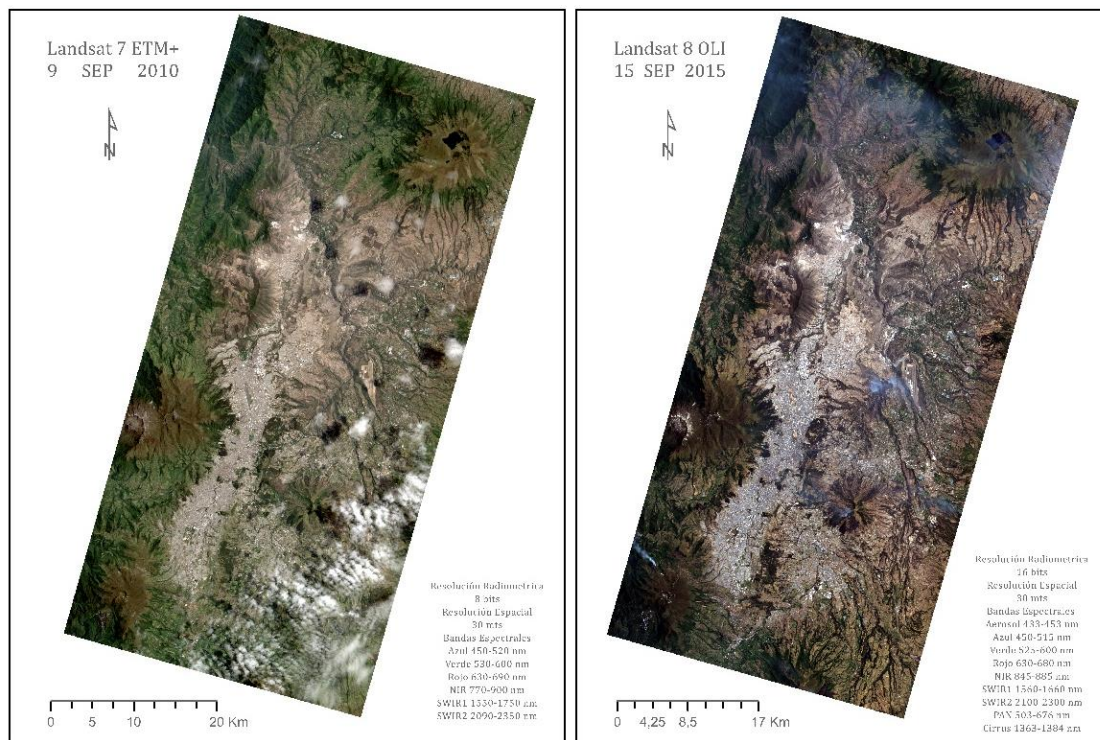
Satélite / Sensor	Fecha / Hora	Cobertura de nubes %	Angulo de observación solar (°)	Observación
LANDSAT 7 ETM+	2010-09-09 15:18 UTC	20	28.6	La nubosidad se presenta en las zonas rurales, principalmente en la zona de la actual Área de protección de humedales Cerro Puntas, parroquias de Pintag, cantón Rumiñahui y Amaguaña.
LANDSAT 8 OLI	2015-09-15 15:26 UTC	3%	25.8	La nubosidad se presenta en las zonas rurales, principalmente en la zona de la AIER Pichincha Atacazo, parte de la ACUS Camino de Los Yumbos, Volcán Rucu Pichincha En la zona urbana se detecta neblina, la cual puede removerse por medio de algoritmos.
LANDSAT 8 OLI	2019-09-10 15:26 UTC	8%	26.5	La nubosidad se concentra fuera de los límites del DMQ.
LANDSAT 8 OLI	2020-03-4 15:26 UTC	30%	38.09	La nubosidad se concentra en el área rural, principalmente en la zona del Rucu Pichincha. En la zona urbana, la nubosidad se encuentra en los barrios Francisco de Huaycay, Protección Guamaní, Colinas del Sur, La Libertad.

Fuente: U.S. Geological Survey (USGS)

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

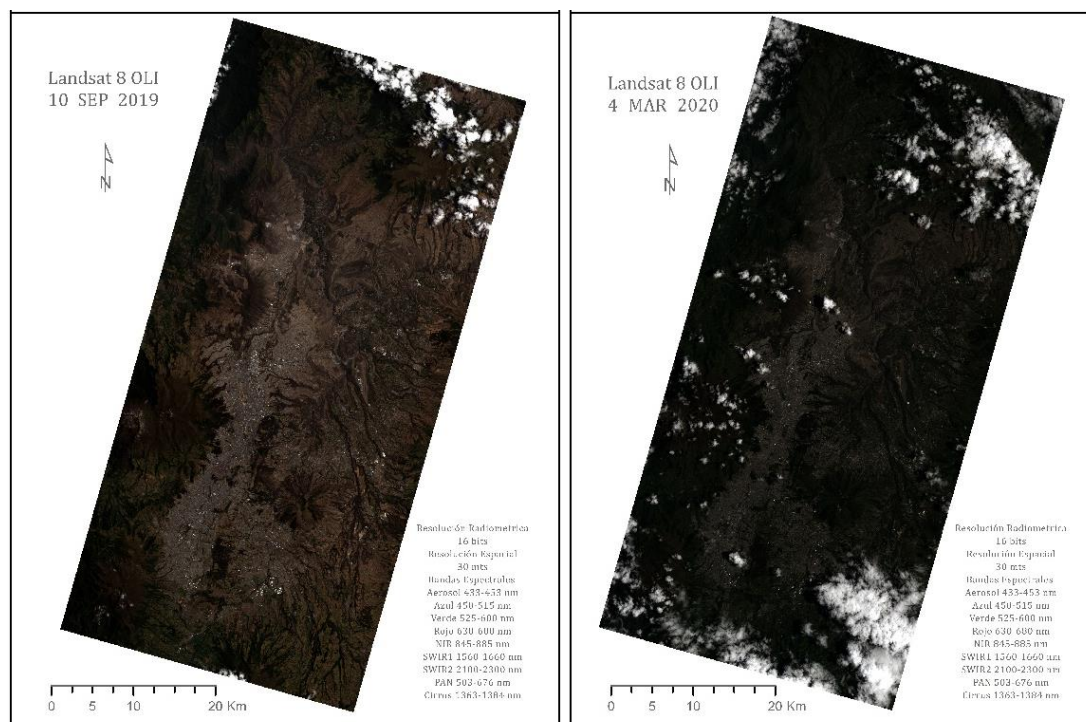
En la gráfica siguiente se observan las imágenes utilizadas:

Mapa 4 Imágenes Landsat 7ETM+ 2010 y Landsat 8 OLI 2015



Fuente: USGS
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Mapa 5 Imágenes Landsat 7ETM+ 2019 y Landsat 8 OLI 2020



Fuente: USGS
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.1.2. Calibración radiométrica

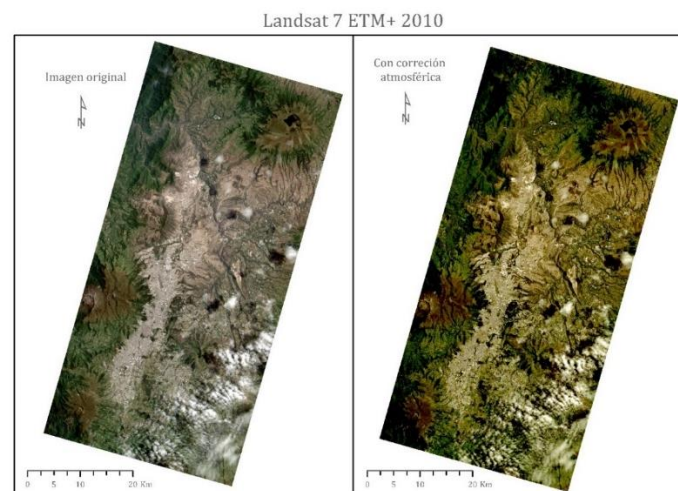
Inicialmente, realizó un proceso de calibración radiométrica en todas las imágenes, el cual permitió convertir los niveles digitales de cada píxel de cada imagen, a niveles de radiancia.

Adicionalmente, y dado que el estudio multitemporal requiere el uso de imágenes de distintas fechas -y para el caso de la imagen 2010- también el uso de un sensor distinto, se requiere eliminar el efecto de los diferentes ángulos de incidencia de la energía solar y de la distancia Tierra - Sol, así como normalizar las diferencias de valores de la radiación solar existente entre la Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI, ocasionado por la diferencia entre los rangos espectrales de sus respectivas las bandas.

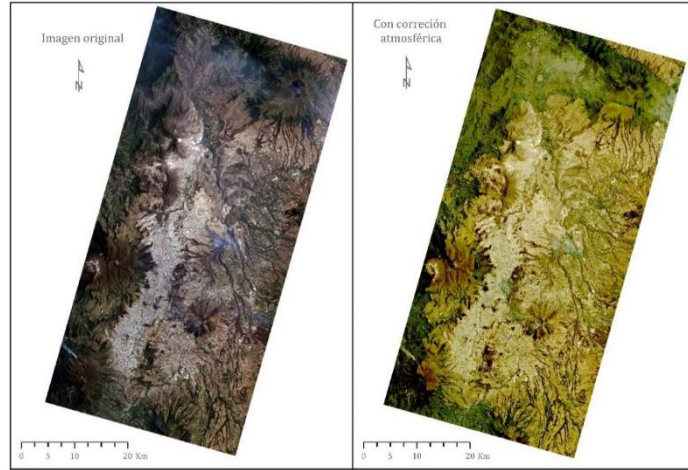
5.1.3. Corrección atmosférica

A través de la corrección atmosférica, se busca remover el efecto de las nubes y/o neblina en las imágenes. Para el efecto, se utilizó la extensión ATCORE2 WORKSTATION de ERDAS y mediante los datos de calibración de la imagen, el ángulo solar del zenith, el ángulo de cuenca visual, tipo de terreno y la estación climática se realizó la corrección considerando un valor de diferencia entre bandas mayor al 35% para detección de nubes y menor al 9% para agua. Con este proceso se buscó mejorar la separabilidad espectral de los objetos presentes en la imagen corregida (coberturas de la Tierra) respecto a la imagen original, mejorando los resultados finales del proceso de clasificación digital. Este proceso se aplicó a todas las imágenes.

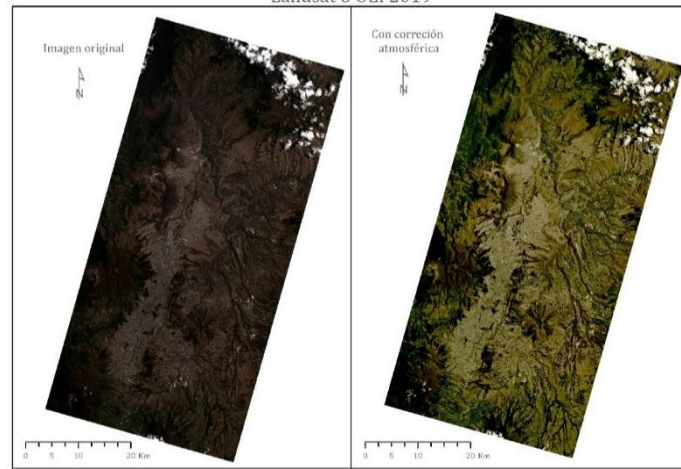
Mapa 6 Imágenes resultantes de la corrección atmosférica



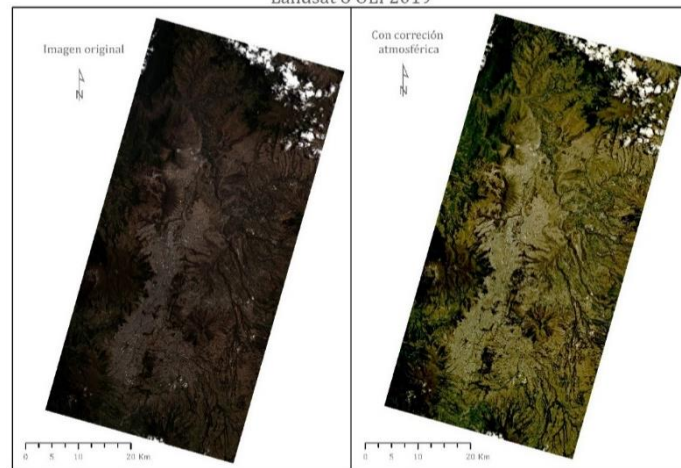
Landsat 8 OLI 2015



Landsat 8 OLI 2019



Landsat 8 OLI 2019



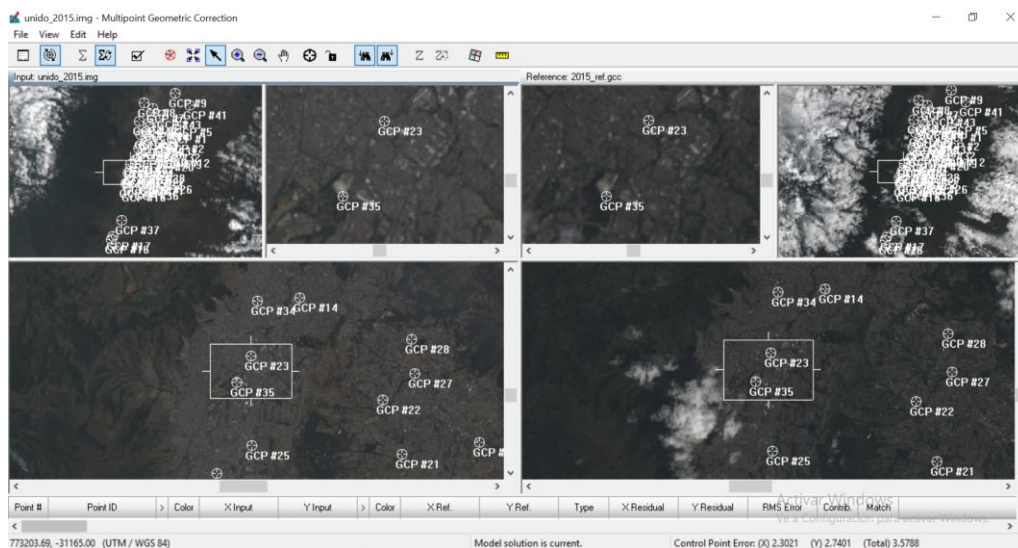
Fuente: USGS
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.1.4. Corrección geométrica

La inclinación del sensor al momento de la toma, la influencia del relieve y los errores sistemáticos de la imagen, puede ocasionar desplazamientos y distorsiones geométricas en las imágenes. La corrección geométrica permite eliminar estos errores y adicionalmente para este caso -en el que se efectúa una estimación de cambios entre coberturas para distintas fechas- este proceso garantiza que las comparaciones se hagan pixel a pixel entre dos imágenes.

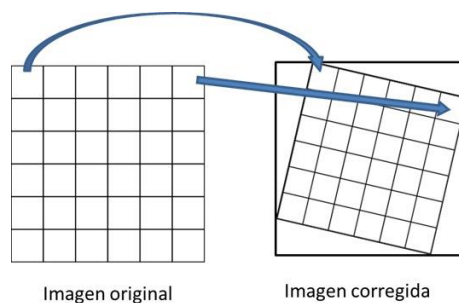
Para el efecto, se realiza la transformación de las coordenadas de los píxeles de la segunda imagen de tal forma que coincidan de manera precisa con las de la primera (imagen de referencia). Se realiza mediante una transformación polinomial de segundo grado que se obtiene a partir de un conjunto de pares de puntos de control de ambas imágenes. Para este caso, se realizó el proceso a través del método conocido como *imagen a imagen*, en la que la imagen de referencia fue la del 2020, y se efectuó para tres pares de fotos: 2020-2015, 2020-2010, 2019-2020, identificando objetos claros en todas las imágenes que coinciden en tamaño y forma y se distribuyen a lo largo de toda la imagen de referencia. Como resultado se obtienen imágenes perfectamente alineadas y orientadas respecto a la imagen del 2020.

Figura 6: Toma de puntos de control



Elaboración: CIUQ (2020)

Figura 7: Proceso de corrección geométrica



Elaboración: CIUQ (2020)

5.1.5. Cálculo de Índices Espectrales

Para esta investigación se calcularon los índices NDVI, NDBI, MNDWI y se realizan para dos periodos de tiempo: El primero que comprende el mes de septiembre de los años 2010,2015 y 2019, que sirven para calcular la diferencia de temperatura de esos años, y para el mes de marzo de 2020 que se utiliza como insumo para las siguientes fases del estudio:

5.1.5.1. NDVI

EL NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o Índice Diferenciado de Vegetación Normalizada en español, permite identificar la distribución espacial y la salud de la vegetación, oscila entre valores de -1 a +1, siendo los valores positivos los que identifican vegetación verde saludable y los valores negativos, determinan cobertura no vegetativa (Aakriti Grover , Ram Babu Singh, 2015).

El NDVI se calcula con la siguiente fórmula:

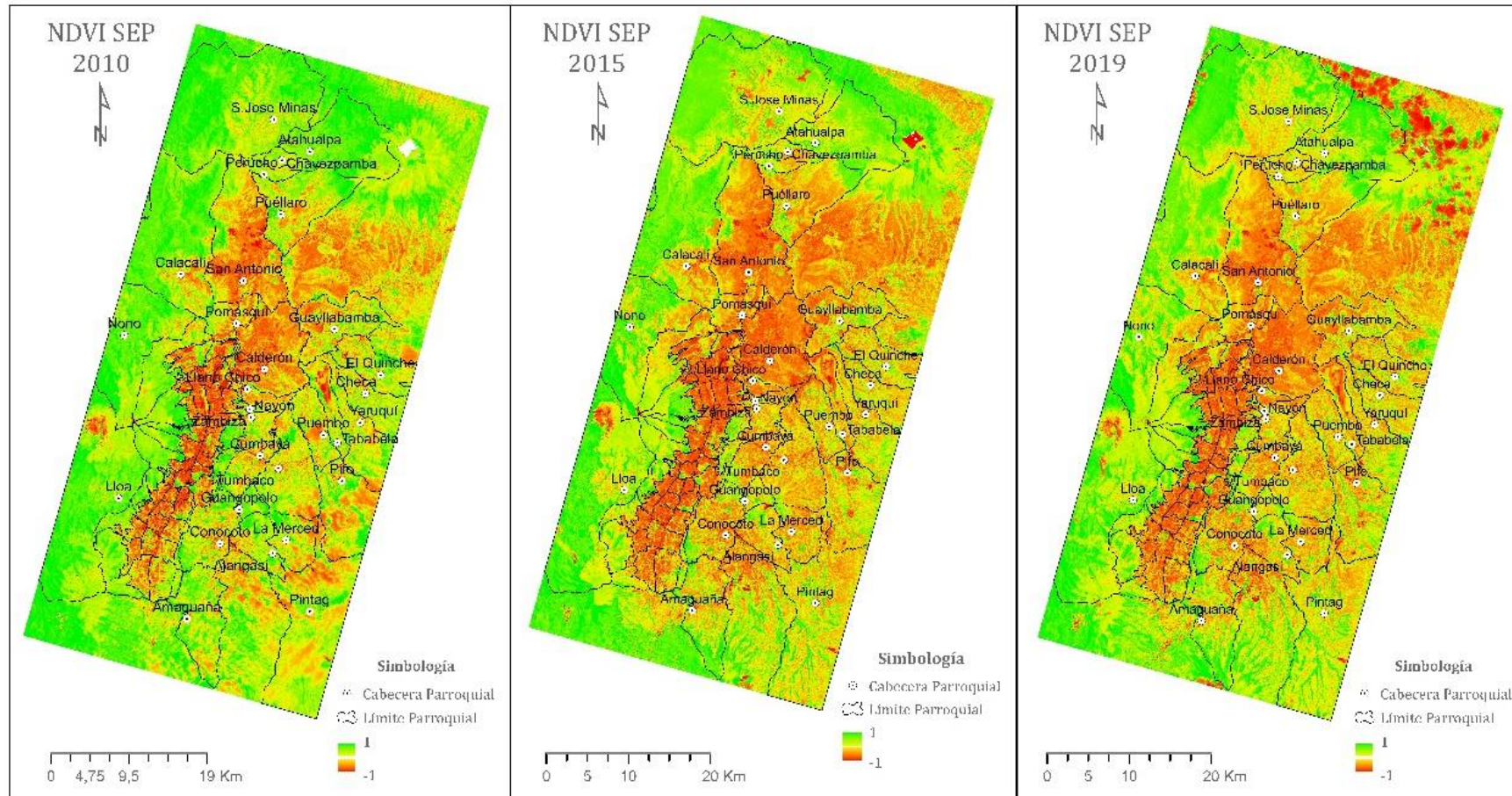
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Donde NIR corresponde a la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano, R corresponde a la reflectancia en el canal rojo del visible y se calculó para las 4 imágenes.

Los resultados de las imágenes obtenidas, muestran de forma clara, una predominancia de ausencia de vegetación en la meseta central de Quito, la cual se muestra en tonos de color rojo para el periodo 2010-2019.

En este índice, los valores de -1 son indicadores de nubes, hielo y agua, los valores menores a 0 son indicadores de vegetación poco vigorosa o suelo desnudo y los valores superiores a 0 son indicadores de vegetación en desarrollo o vigorosa.

Mapa 7 NDVI años 2010,2015 y 2019



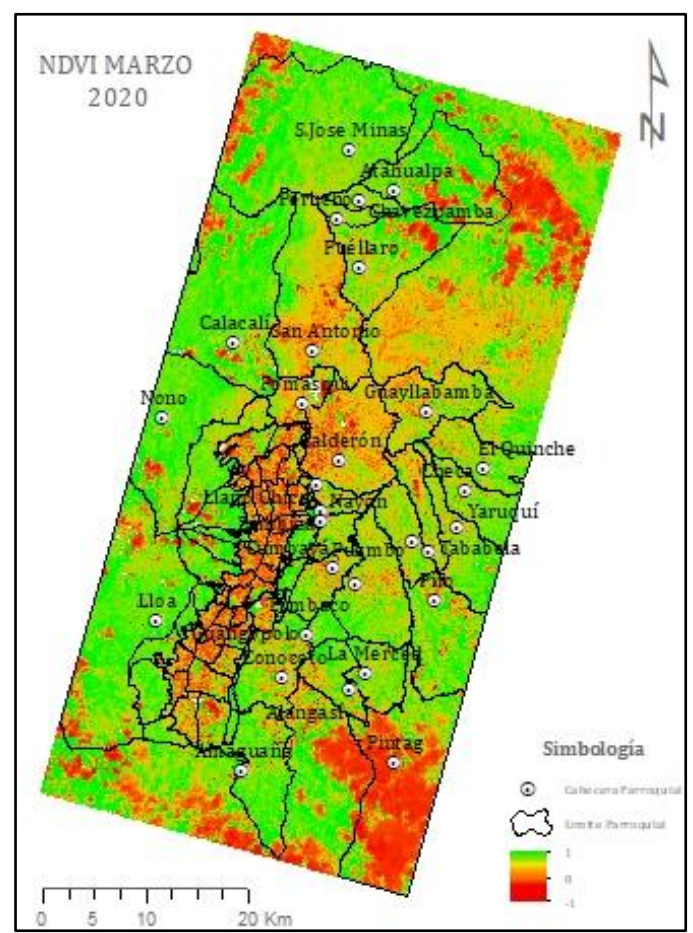
Fuente: USGS
 Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el periodo 2010 – 2015 se observa una importante disminución en la vegetación en las parroquias de san Antonio, Pomasqui, Calderón y Guayllabamba, Calacalí, San José de Minas esto debido a los bajos niveles de precipitación presentados en esta época y aumento de zonas de uso agrícola, ganadero y urbano. Lo propio ocurre en las parroquias de Conocoto, Alangasí, La Merced, Amaguña y Guangopolo, en la que los cambios se producen principalmente hacia la cercanía de las cabeceras parroquiales. Finalmente en las parroquias de Cumbayá, Tumbaco, Puenbo y Tababela, los cambios se evidencian sobretodo a lo largo de la actual La Ruta Viva y corredor Alpachaca.

Para el periodo 2015 -2019 no se observan mayores cambios. Al igual que en el caso anterior, los valores de -1 son indicadores de nubes, hielo y agua, los valores menores a 0 son indicadores de vegetación poco vigorosa o suelo desnudo y los valores superiores a 0 son indicadores de vegetación en desarrollo o vigorosa.

Para marzo del 2020 los resultados indican un incremento en la vegetación, esto debido al periodo de lluvias de esas fechas.

Mapa 8 NDVI año 2020



Fuente: USGS
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Los resultados muestran una disminución significativa de las zonas eriales o de suelo desnudo en las parroquias de Puembo, Tumbaco, Tababela, en tanto que en las zonas de Calacalí, San Antonio de Pichincha y Calderón mantienen su característica de poca o ausencia de vegetación vigorosa o en desarrollo, característica propia del tipo de suelo arenoso y calcáreo de esta zona, que impide el desarrollo óptimo de cualquier tipo de vegetación. También se pueden observar valores de -1 que representan cúmulos de nubes presentes en las imágenes debido al aumento de precipitaciones presentadas durante esta época en la zona de estudio.

5.1.5.2. *NDBI*

El NDBI (Normalized Difference Built Index) o Índice de diferencia de construcción normalizada, permite identificar áreas urbanas, puesto que éstas se destacan de los demás elementos de la imagen satelital debido a la alta respuesta en las bandas del infrarrojo medio y el infrarrojo cercano. Al igual que en el NDVI los valores resultantes oscilan en el rango del -1,0 a 1,0, siendo los valores mayores de cero lo que identifican las zonas edificadas y suelos desnudos, y los valores negativos indican la presencia de cubiertas vegetales. Se calculó de la siguiente manera:

$$NDBI = \frac{SWIR_1 - NIR}{SWIR_1 + NIR}$$

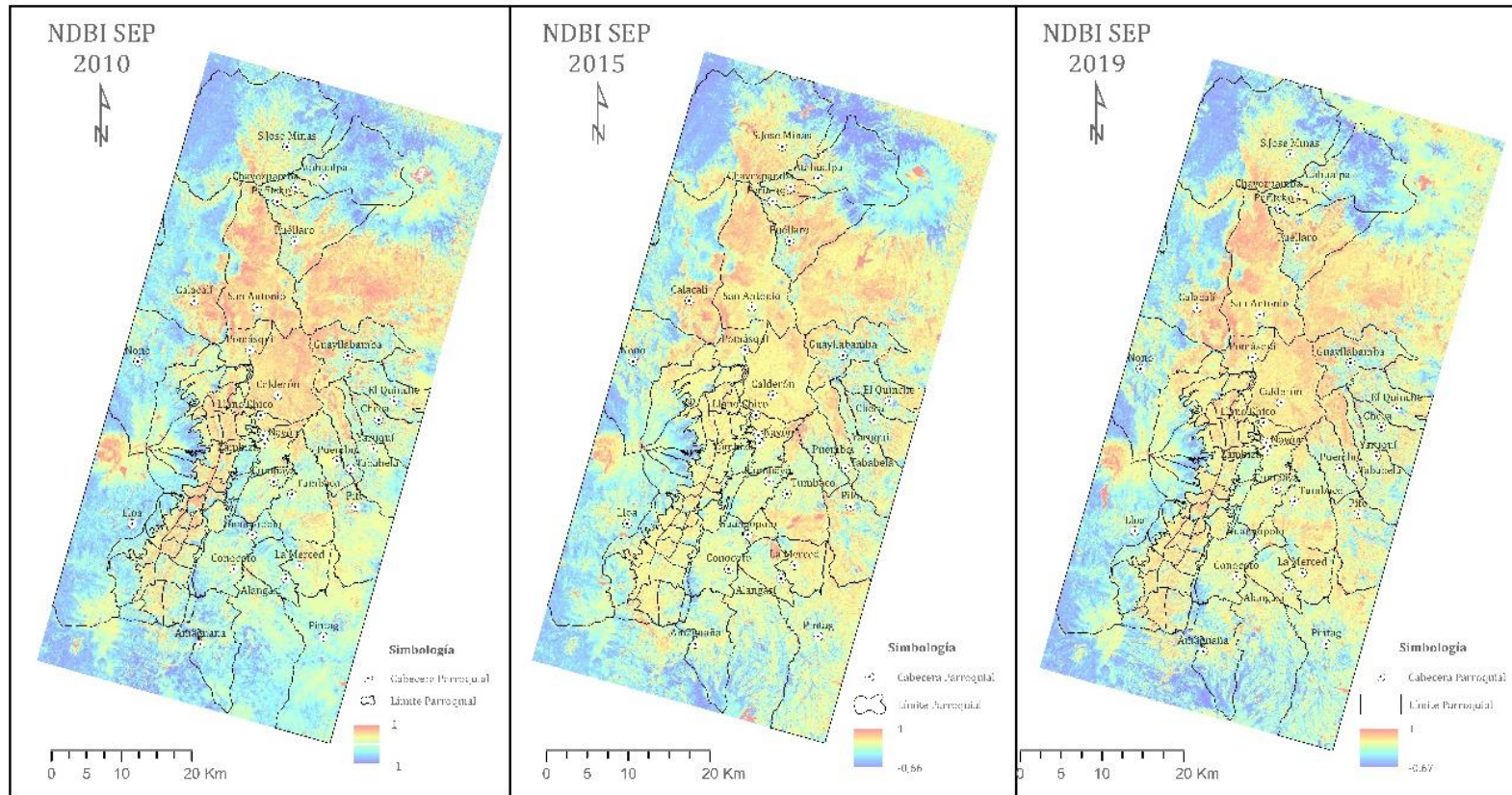
Donde el SWIR corresponde a la respuesta a la reflectancia espectral del canal infrarrojo medio y NIR corresponde a la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano.

En el análisis de resultados se puede observar que existen áreas identificadas como consolidados urbanos en las zonas rurales del cantón, este tipo de interpretación del sensor se debe a la presencia de vegetación erial, suelo desnudo o zonas de suelo agrícola que su respuesta espectral es similar al de un área urbana, los valores de -1 son identificados como no antrópico (vegetación vigorosa, en crecimiento o área no antrópica), los valores de 1 son identificados como todo aquel objeto o área antrópica (área urbana) presente principalmente en la meseta central del cantón y en las parroquias en crecimiento urbano y económico como Puembo, Tababela, Amaguaña, los Valles.

Para el periodo 2010 -2015 se observa un incremento de zonas antrópicas en las parroquias de la mancomunidad norcentral: Puéllaro, San José de Minas y Chavezpamba, y para las parroquias El Quinche y Checa, Guangopolo, Alangasí, La Merced, Conocoto y Cumbayá, que pueden deberse a la presencia de vegetación erial, suelo desnudo o zonas de suelo agrícola.

Para el periodo 2015 -2019 no se observan mayores cambios, donde los valores resultantes oscilan en el rango del -1,0 a 1,0, siendo los valores mayores de cero lo que identifican las zonas edificadas y suelos desnudos, y los valores negativos indican la presencia de cubiertas vegetales.

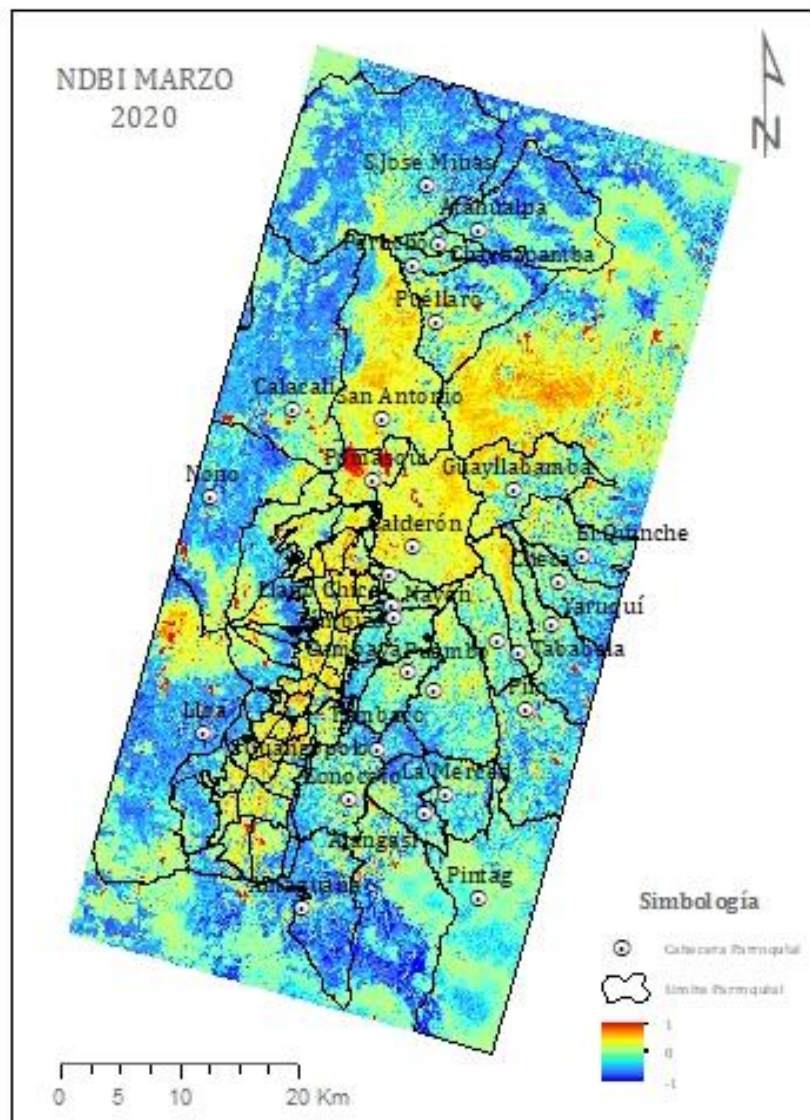
Mapa 9 NDBI años 2010 ,2015 y 2019



Fuente: USGS
 Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para marzo 2020, se observa una disminución del área no antrópica en la zona este de la zona de estudio, debido a las condiciones climáticas lluviosas presentes en esta época, delimitando de mejor manera el área urbana u antrópica existente. Dentro del análisis se puede observar que las parroquias rurales de Calacalí, San Antonio de Pichincha presentan una interpretación errónea del área urbana existente debido a la respuesta espectral del sensor sobre suelo de tipo arenoso y calcáreo y sobre el tipo de vegetación erial. Se puede identificar que la zona urbana consolidada se encuentra en la meseta central de Quito y en las principales parroquias rurales en expansión, debido a varios factores como el aeropuerto de Quito.

Mapa 10 NDBI año 2020



Fuente: USGS

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.1.5.3. MNDWI

El MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index): Índice de diferencia de agua normalizada, refleja el contenido de humedad en plantas o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo. Este índice permite aislar los cuerpos de agua de las demás coberturas, ya que es un índice poco sensible a la influencia de la vegetación o a la presencia de material en suspensión (Ji et al., 2009), se calculó de la siguiente manera:

$$MNDWI = \frac{NIR - SWIR_1}{NIR + SWIR_1}$$

Donde el SWIR corresponde a la reflectancia espectral del canal infrarrojo de onda corta, y GREEN corresponde a la reflectancia espectral de la banda verde.

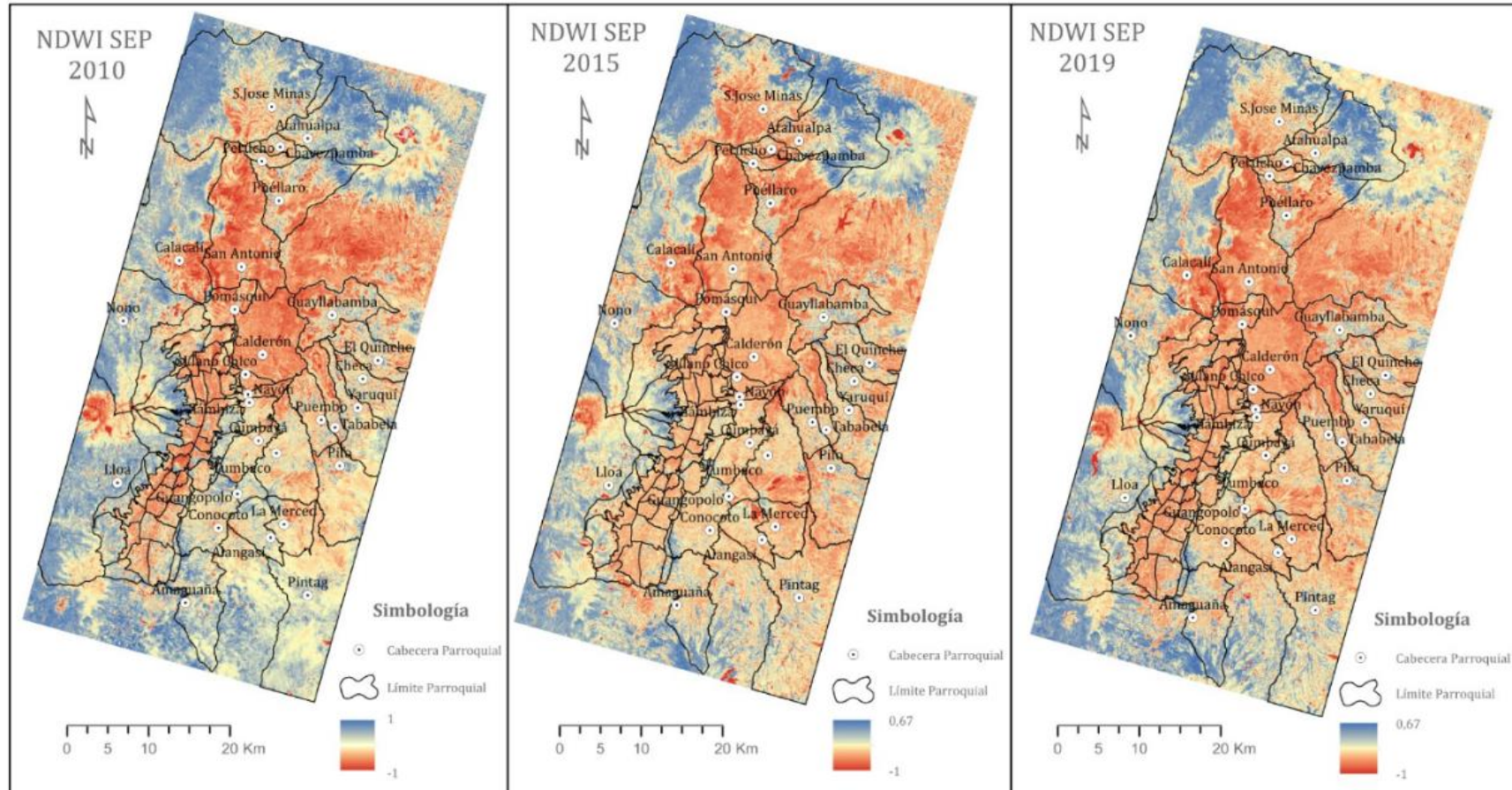
Este método fue propuesto como una variación a la ecuación original, en la que se contempla el uso de la banda NIR (infrarrojo cercano) por la banda visible GREEN. Esta variación puede mejorar las características de aguas abiertas mientras suprime e incluso elimina de manera eficiente el ruido de la tierra, así como el ruido de la vegetación y el suelo.

En este mapa, los tonos de azul indican las zonas de mayor evapotranspiración y las zonas en color rojo las de menor evapotranspiración, lo que muestra de forma clara las zonas con presencia de vegetación y las zonas con suelo desnudo producto de la actividad antrópica o por suelo erial. Para el periodo 2010 -2015 existe un aumento de zonas con menor evapotranspiración, sobre todo en las parroquias de Calderón, Puembo, Tababela, Guayllabamba.

Para el periodo 2010 - 2015 se observa que las zonas con presencia de evapotranspiración se reducen en 2015 en parroquias como San José de Minas, Atahualpa, Lloa, Amaguaña, Pintag, Alangasí, Guangopolo, Conocoto, Calacalí, Tumbaco y Tababela.

Para el periodo 2015 - 2019 se observa que en sectores como San José de Minas y Amaguaña, en 2019 existe una ligera recuperación de zonas con mayor índice de evapotranspiración. En las demás parroquias se observa que se mantiene muy similar al año 2015.

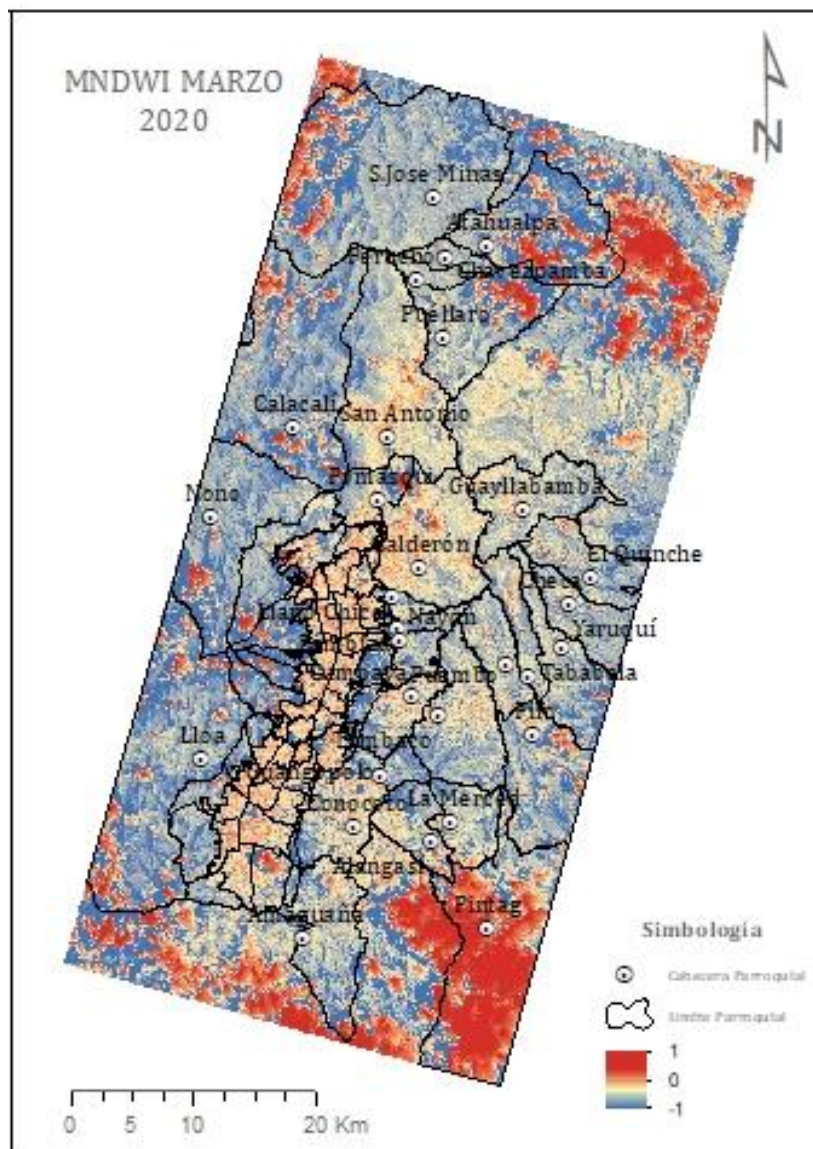
Mapa 11 MNDWI años 2010 , 2015 y 2019



Fuente: USGS
 Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para el mes de marzo de 2020 se observa un patrón similar, en donde los tonos entre amarillo y rojo, muestran las zonas con menor evapotranspiración que coincide con la zona de la meseta urbana de Quito y los tonos de azul muestran las zonas de mayor evapotranspiración, que coincide con los sectores con presencia de vegetación. Existen adicionalmente valores pico en las zonas con cobertura boscosa, en las que debido a la respuesta espectral de una nube (color blanco) se asocia a suelo desnudo.

Mapa 12 NDWI año 2020



Fuente: USGS

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.1.5.4. Cálculo de Temperatura Superficial (LST) para los años 2010, 2015, 2019 y 2020

El cálculo de la temperatura superficial LST significó del procesamiento de la banda termal tanto de la LANDSAT 7 como de la LANDSAT 8 -que en una primera fase- requiere de la transformación de los niveles digitales de las imágenes, a radiancia espectral en el techo de la atmósfera.

$$L = M_L * Q_{cal} + A_L$$

Donde:

M_L = factor de reescalamiento multiplicativo específico de banda a partir de los metadatos

$M_L = 0.0003342 \Rightarrow$ Landsat 8

A_L = Factor de reescalamiento aditivo de banda de los metadatos

$A_L = 0.1 \Rightarrow$ Landsat 8

$A_L = -0.06709 \Rightarrow$ Landsat 7

Q_{cal} = Valor digital (banda 10)

Una vez obtenida la radiancia, estos valores se deben transformar en temperatura de brillo, para lo cual se consideraron los parámetros de calibración térmica de las imágenes LANDSAT 7 ETM+ y LANDSAT 8 OBI, disponibles en los metadatos de cada imagen. La temperatura de brillo se calcula con la siguiente fórmula:

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} - 273.15^\circ$$

Donde:

K_1 y K_2 = constante de conversión térmica específica de la banda

$K_1 = 774.8853 \Rightarrow$ Landsat 8

$K_2 = 1321.0789 \Rightarrow$ Landsat 8

$K_1 = 666.09 \Rightarrow$ Landsat 7

$K_2 = 1282.71 \Rightarrow$ Landsat 7

El proceso continúa con la normalización de los valores de NDVI de la siguiente manera:

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

Donde:

$NDVI_{min}$ = Valor mínimo de NDVI calculado

$NDVI_{max}$ = Valor máximo de NDVI calculado

Y el cálculo de la emisividad para LANDSAT 7 LANDSAT 8:

$e = 0.004 * PV + 0.98 \Rightarrow$ landsat 8

$e = 0.047 * PV + 1.0094 \Rightarrow$ landsat 7

Finalmente, se calcula la temperatura superficial, considerando la corrección de la emisividad espectral, a través de la siguiente fórmula:

$$LST = \frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda * TB}{c_2}\right) * \ln(e)}$$

Donde:

λ = longitud de onda de radiancia emitida

$\lambda = 10.8 \Rightarrow$ landsat 8

$C_2 = \frac{h * c}{s} = 14388 \mu m K$

$H =$ constante de plank = $6.626 \times 10^{-34} J * s$

$C =$ velocidad de la luz = $2.998 \times 10^8 \frac{m}{s}$

$S =$ constante de Boltzmann = $1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$

5.2. Análisis de resultados de temperatura superficial para los años 2010, 2015 y 2020

Los resultados obtenidos, se analizan desde dos escalas: La primera escala que refleja de forma general las temperaturas superficiales en 55 parroquias urbanas y periurbanas del DMQ, y la segunda escala que refiere a 13 zonas piloto.

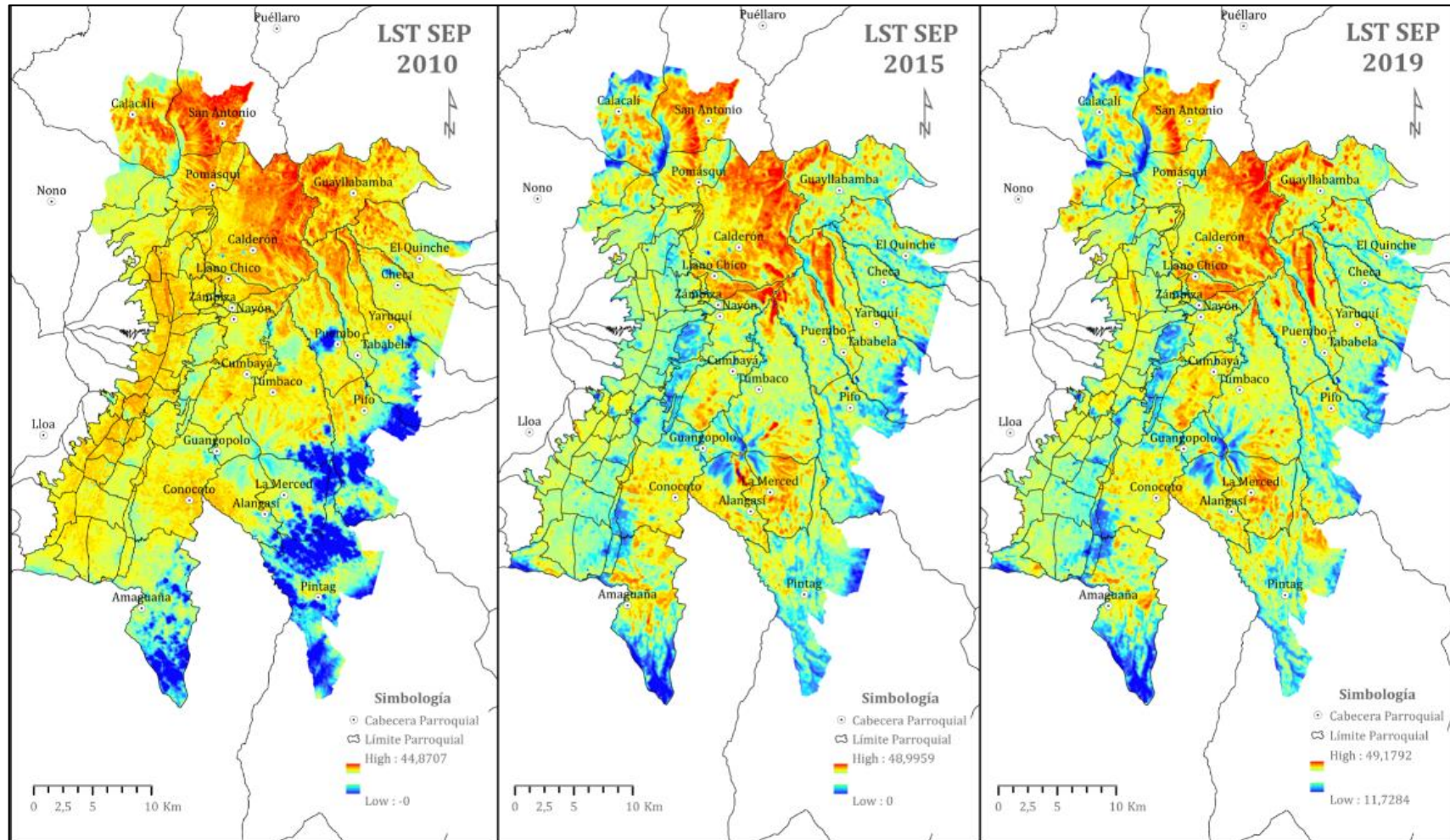
Se utilizó como información de apoyo, la información proveniente del Atlas Ambiental 2016, generada por la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, así como la información proveniente del Instituto Espacial Ecuatoriano en el marco del proyecto "Generación de Geoinformación a Escala 1:25000 a nivel Nacional" disponible a través de su geoportal. Ambas informaciones contienen información sobre cobertura vegetal en el DMQ. A continuación los resultados para las dos escalas de estudio.

5.2.1. Zona Urbana y Periurbana de Quito

Se realiza en análisis para 55 parroquias, 32 urbanas de y para 23 parroquias rurales. Para los años 2010 y 2015 se aborda de forma general, identificando las mayores temperaturas superficiales para cada parroquia en estudio. Para el año 2019, se realiza un análisis puntual por cada parroquia en estudio, identificando de forma general las zonas donde se concentran las mayores temperaturas superficiales.

Como punto de partida, en el siguiente mapa se muestra las temperaturas superficiales para los 3 años en análisis en las 55 parroquias, el cual permite tener una visión integral de la distribución espacial de estas temperaturas en el territorio.

Mapa 13 LST años 2010, 2015 y 2019 - Escala urbana y periurbana de Quito



Fuente: USGS
 Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.2.1.1. Año 2010

Al analizar las temperaturas superficiales **máximas** para el año **2010**, se observa que los mayores valores se encuentran en parroquias rurales, siendo San Antonio la que posee el valor más alto con 44.8°C y corresponde a una mezcla entre suelos desnudos de origen antropogénico, zonas consolidadas y/o arbustos secos; en segundo lugar se encuentra El Quinche con 43.5°C donde se observan cultivos de ciclo corto; y en tercer lugar se encuentra Guayllabamba con 43.1°C que se encuentra en sectores con suelo desnudo.

Dentro de las parroquias urbanas, la parroquia Concepción es la que presenta la temperatura superficial más alta con 36.8°C, seguida de las parroquias Kennedy, Ponceano y Jipijapa con un valor máximo de 36.4°C en las tres parroquias.

Para este año, la parroquia que presenta la temperatura superficial máxima más baja, es Guangopolo con 30.28°C, seguida de Nono y Amaguaña, ambas con temperaturas superficiales máximas de 30.76°C.

Respecto a las temperaturas superficiales **medias**, las parroquias con los valores más altos son: San Antonio (33.5°C), Calderón (32.2°C) y Concepción (31.2°C), y las parroquias con los valores más bajos son: Pintag (10.3°C), Pifo (15.2°C) y La Merced (15.5°C).

En el siguiente cuadro, se muestra la tabla que contiene las estadísticas totales de las 55 parroquias para el año 2010 ordenadas de forma descendente de acuerdo al valor de Ts máxima:

Tabla 1 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2010

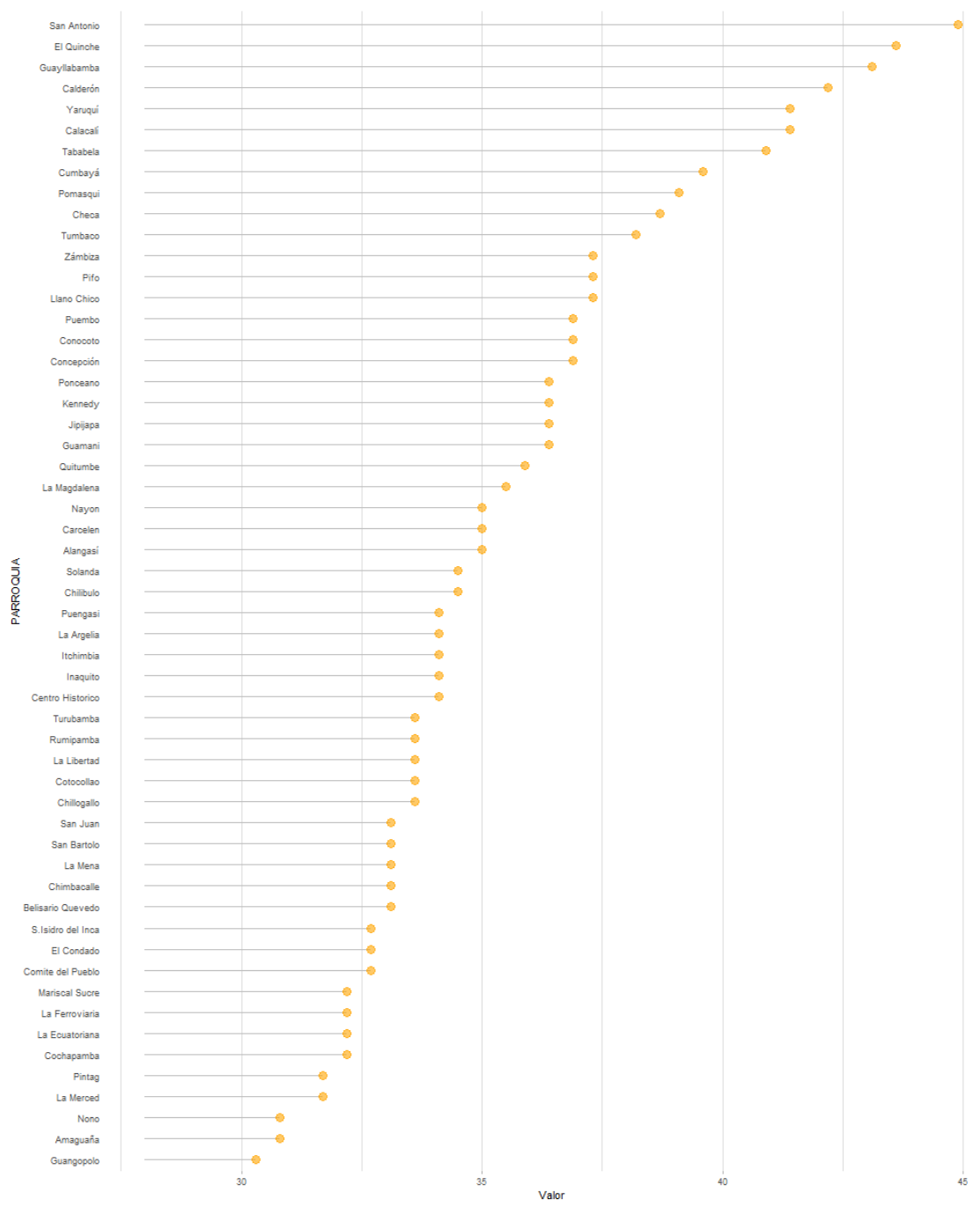
PARROQUIA	Max.	Min.	1er Qu.	Mediana	Media	3er Qu.
San Antonio	44.87	14.38	31.24	34.55	33.54	36.86
El Quinche	43.57	0.00	22.85	25.87	25.76	28.83
Guayllabamba	43.13	0.00	26.37	28.83	29.42	32.19
Calderón	42.25	0.00	28.34	31.24	31.24	34.08
Yaruquí	41.36	0.00	17.09	22.85	20.67	26.37
Calacalí	41.36	8.74	22.85	27.85	27.32	31.72
Tababela	40.92	1.56	22.85	26.87	26.89	30.76
Cumbayá	39.58	5.81	24.37	26.87	26.30	28.34
Pomasqui	39.13	9.32	26.37	29.32	28.78	31.24
Checa	38.68	0.00	22.33	24.37	24.06	26.37
Tumbaco	38.22	0.00	21.30	24.87	23.18	27.36
Pifo	37.31	0.00	5.81	17.09	15.28	23.36
Zámbiza	37.31	18.69	24.37	27.36	27.10	29.32
Llano Chico	37.31	19.74	26.87	27.85	27.91	29.32
Concepción	36.86	6.99	29.32	30.28	30.23	31.24
Conocoto	36.86	9.89	23.86	26.37	25.57	27.85
Pueumbo	36.86	0.00	21.82	25.37	23.42	27.85
Kennedy	36.40	0.00	27.36	28.83	28.28	29.80
Ponceano	36.40	0.00	25.87	27.36	27.33	29.32
Jipijapa	36.40	12.72	25.37	27.36	26.97	29.32

PARROQUIA	Max.	Min.	1er Qu.	Mediana	Media	3er Qu.
Guamani	36.40	13.83	23.36	25.38	24.84	26.87
Quitumbe	35.94	7.58	23.36	25.37	25.17	26.87
La Magdalena	35.47	3.40	27.85	29.32	28.61	30.28
Carcelen	35.01	9.89	24.87	26.87	26.68	28.34
Alangasí	35.01	0.00	19.74	23.86	22.78	26.87
Nayon	35.01	9.89	23.86	25.87	25.41	27.36
Chilibulo	34.55	19.74	26.87	27.85	27.85	29.32
Solanda	34.55	5.81	26.87	28.34	27.39	28.83
La Argelia	34.08	6.99	23.36	24.87	24.75	26.37
Centro Historico	34.08	16.55	26.87	29.80	28.44	31.24
Puengasi	34.08	14.92	21.82	24.87	24.05	26.37
Inaquito	34.08	0.00	20.79	24.87	24.40	27.36
Itchimbia	34.08	0.00	21.82	24.37	24.34	27.36
La Libertad	33.61	14.38	23.36	25.87	25.41	28.34
Chillogallo	33.61	17.63	25.38	26.87	26.62	28.34
Rumipamba	33.61	2.18	26.37	28.34	27.72	29.80
Cotocollao	33.61	18.69	28.83	29.80	29.51	30.76
Turubamba	33.61	11.60	23.36	24.87	24.41	25.87
Belisario Quevedo	33.14	5.81	26.37	28.83	27.86	29.80
San Juan	33.14	15.47	26.37	28.83	27.93	30.28
San Bartolo	33.14	9.89	27.36	28.83	28.51	29.80
Chimbacalle	33.14	19.22	27.36	28.83	28.44	29.80
La Mena	33.14	16.55	25.87	27.36	27.33	28.83
El Condado	32.67	16.01	22.85	24.37	24.15	25.38
Comite del Pueblo	32.67	3.40	24.37	26.87	26.14	28.34
S.Isidro del Inca	32.67	6.40	25.38	26.87	26.51	28.34
La Ecuatoriana	32.19	18.16	26.37	27.36	27.22	27.85
La Ferroviaria	32.19	13.83	22.85	24.87	24.81	26.87
Mariscal Sucre	32.19	17.63	26.87	27.85	27.81	28.83
Cochapamba	32.19	16.01	24.37	25.88	25.75	27.36
La Merced	31.72	0.00	9.32	18.69	15.50	22.33
Pintag	31.72	0.00	0.94	9.89	10.33	17.63
Amaguaña	30.76	0.00	10.46	18.16	15.80	21.82
Nono	30.76	13.83	20.79	22.33	22.31	23.86
Guangopolo	30.28	6.99	20.79	22.33	22.28	24.37

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

De forma análoga, en el siguiente gráfico, se muestra a las 55 parroquias, organizadas de acuerdo a su temperatura superficial más alta para el año 2010.

Figura 8: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2010



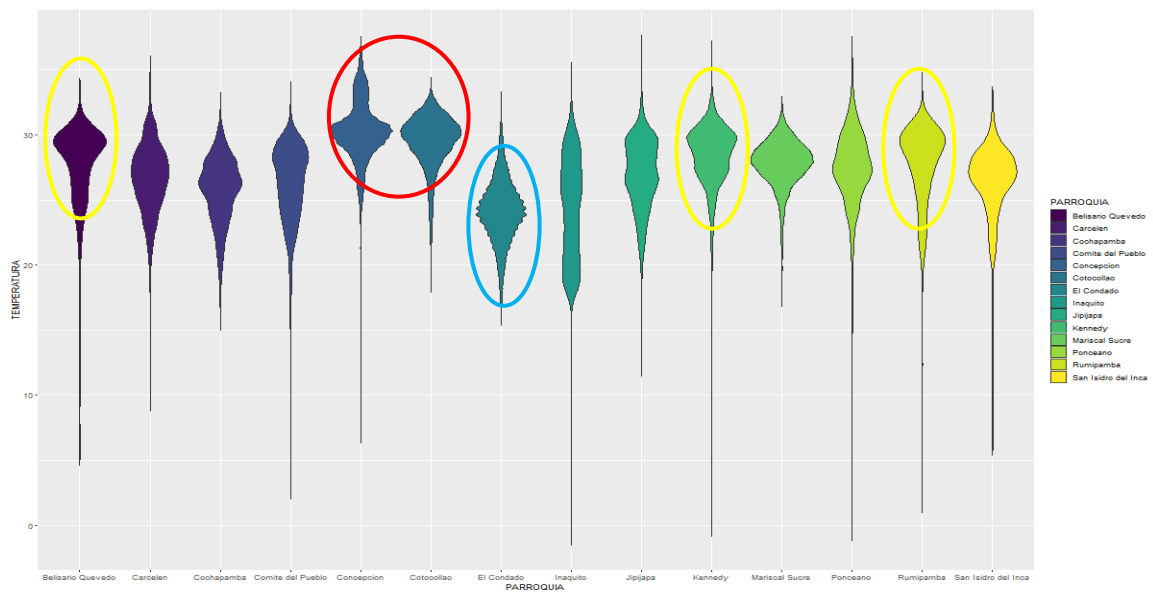
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

A continuación se realiza un análisis comparativo entre todas las parroquias, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios. El análisis hace una distinción entre parroquias urbanas y rurales, y tomando en cuenta la localización geográfica de las mismas. A continuación los resultados:

1. Parroquias Urbanas 2010

Se analiza la distribución general de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Norte** de Quito: Belisario Quevedo, Carcelén, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, Cotocollao, El Condado, Iñaquito, Jipijapa, Kennedy, Mariscal Sucre, Ponceano, Rumipamba y San Isidro del Inca. Al hacer este análisis comparativo, se observa que en el 2010, la parroquia Concepción, presenta los valores más altos, al igual que Cotocollao. Le siguen Belisario Quevedo, Kennedy y Rumipamba. En este año, la parroquia El Condado, presenta las temperaturas superficiales más bajas.

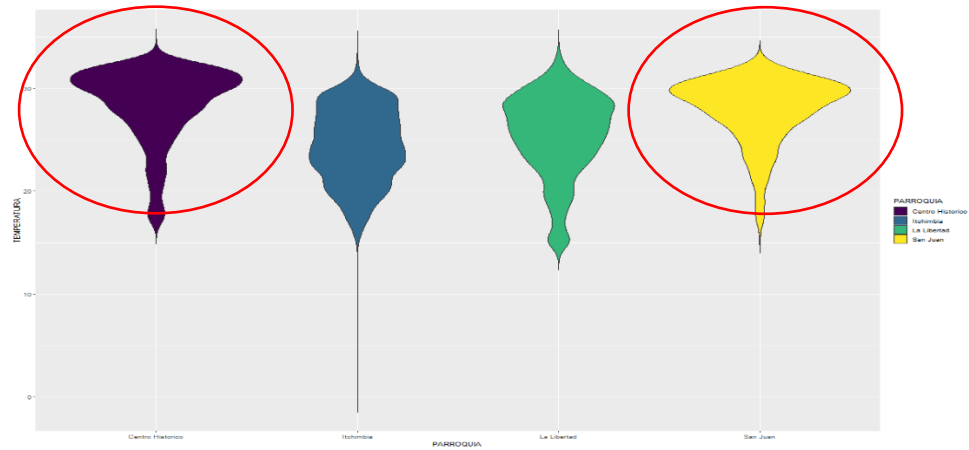
Figura 9: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2010



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias urbanas del **Centro de Quito**: Centro Histórico, Itchimbía, La Libertad y San Juan, se observa que las parroquias Centro Histórico y San Juan EN CONJUNTO son las que presentan las temperaturas superficiales más altas, tal y como se ve en el siguiente gráfico:

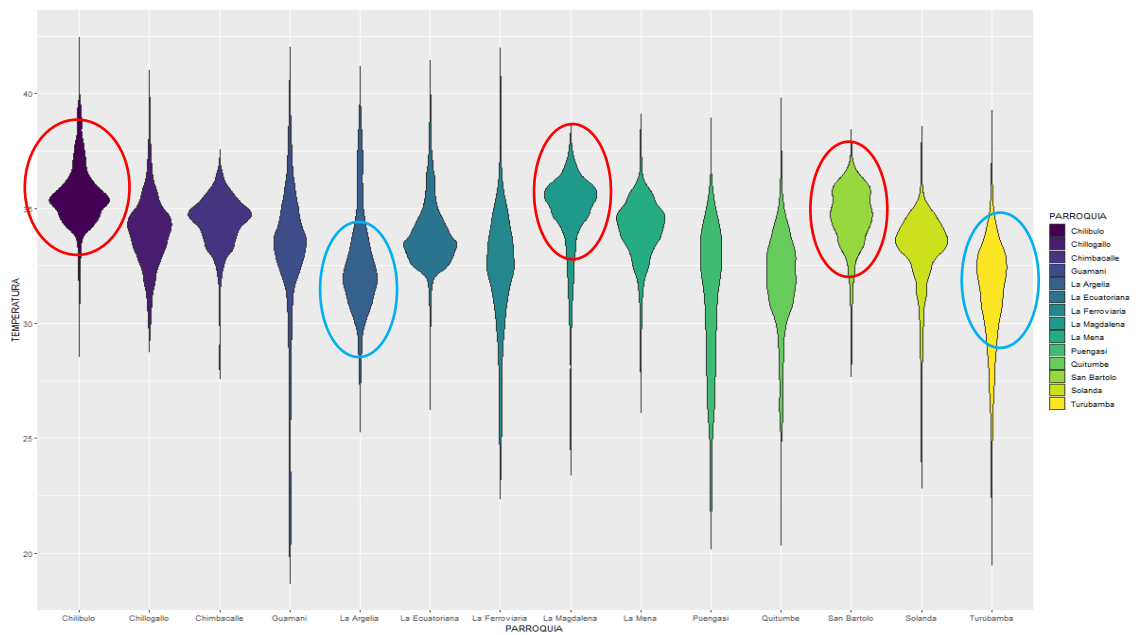
Figura 10: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2010



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Finalmente al analizar la distribución espacial de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Sur** de Quito: Chilibulo, Chillogallo, Chimbacalle, Guamaní, La Argelia, La Ecuatoriana, La Ferroviaria, La Magdalena, La Mena, Puengasí, Quitumbe, San Bartolo, Solanda y Turubamba, se observa que Chilibulo y La Magdalena y San Bartolo son las que presentan los valores más alto. Por otra parte, La Argelia y Turubamba presentan las temperaturas superficiales más bajas, tal y como se muestra a continuación:

Figura 11: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas Sur de Quito

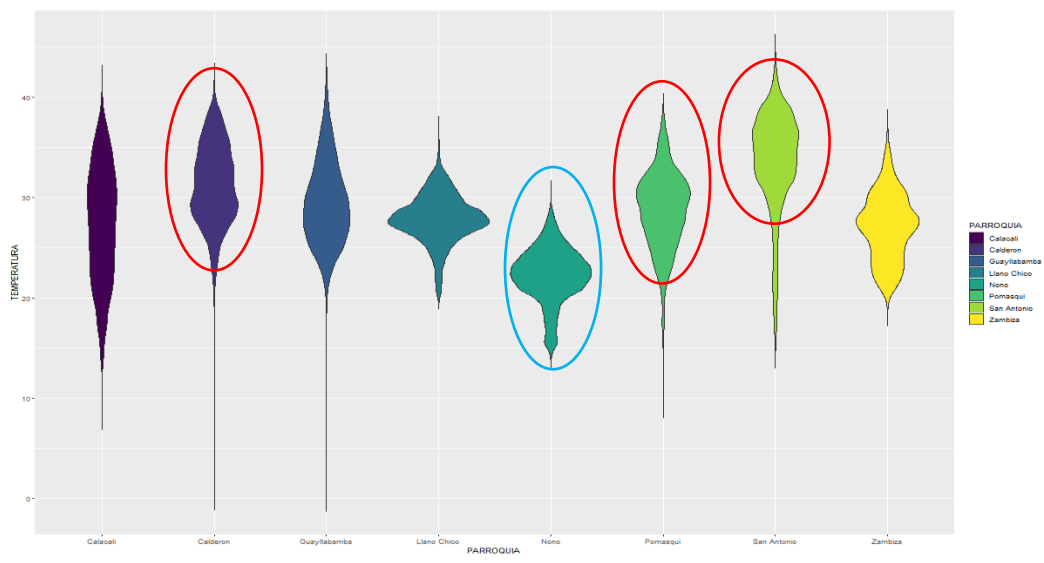


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

2. Parroquias Rurales 2010

Al analizar las **parroquias rurales del norte** de Quito: Calacalí, Calderón, Guayllabamba, Llano Chico, Nono, Pomasqui, San Antonio y Zámbriza, se observa que San Antonio, Calderón y Pomasqui, son las que presentan las temperaturas superficiales más altas respecto a las demás. Por otra parte, el área de estudio de la parroquia de Nono, es la que tiene los valores más bajos tal y como se muestra en la siguiente figura:

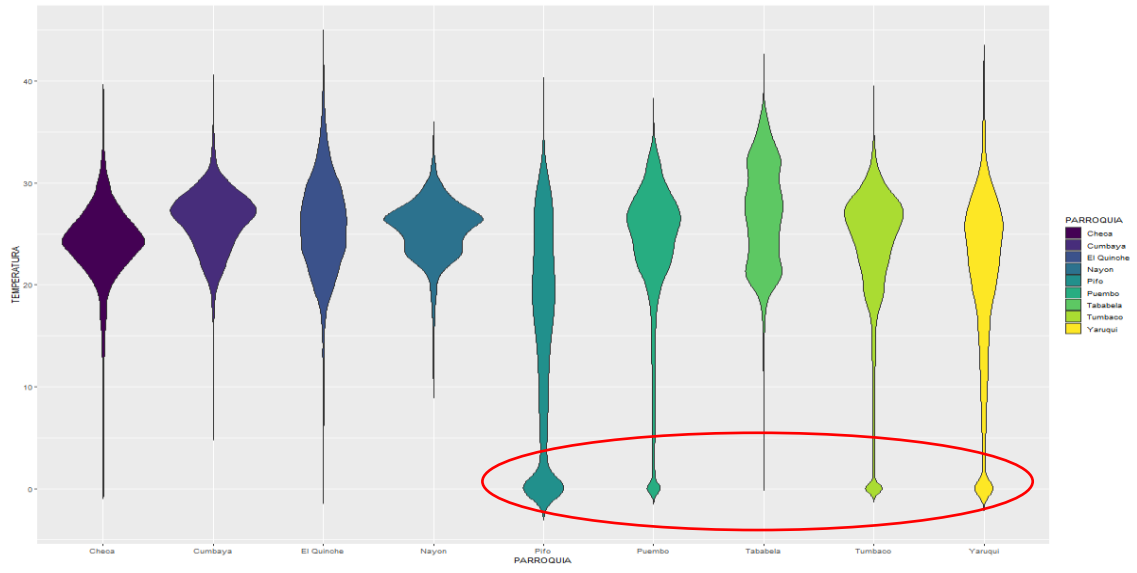
Figura 12: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Norte de Quito 2010



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias rurales del nororiente de Quito: Checa, Cumbayá, El Quinche, Nayón, Pifo, Puembo, Tababela, Tumbaco y Yaruquí, se observa que las temperaturas son similares en todas las parroquias, con picos de temperaturas bajas próximas al cero, las cuales provienen de nubes.

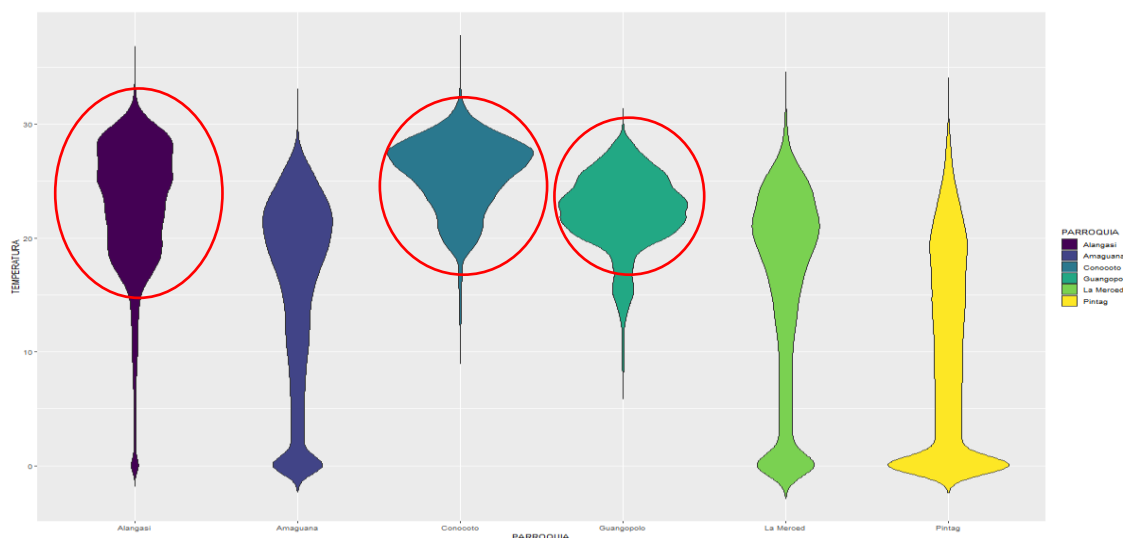
Figura 13: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2010



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el caso de las parroquias **rurales del sur oriente de Quito**: Alangasí, Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced y Pintag, se observa que Conocoto, Guangopolo y Alangasí, son las parroquias que presentan las mayores temperaturas superficiales; por otra parte, Amaguaña, la Merced y Pintag , presentan valores significativos de temperaturas superficiales bajas cercanas al cero, debido a la presencia de nubes.

Figura 14: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Suroriente de Quito 2010



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.2.1.2. Año 2015

Al analizar las temperaturas superficiales **máximas** para el año **2015**, se observa que los valores más altos se localizan sobretodo en las parroquias rurales, siendo Zábiza, Tumbaco, Puembo, Alangasí las que presentan los valores más altos con 49°C. En el caso de Zábiza y Tumbaco el pico más alto de Ts corresponde a arbustos secos, para el caso de Puembo el pico más alto de Ts, responde a suelos cultivados y a invernaderos; y para el caso de Alangasí el pico más alto se localiza en zonas urbanizadas. Al analizar las parroquias urbanas, Itchimbia es la que presenta la mayor temperatura superficial con 48°C, seguida de Comité del Pueblo con 45.7°C y en tercer lugar El Condado con 42.5°C de temperatura superficial máxima. Por otra parte, la parroquia urbana más fría es Mariscal Sucre con una temperatura superficial máxima de 36.5°C, seguida de Rumipamba con 36.6°C y Cochapamba con 36.7°C. Respecto a temperatura superficial **media**, las parroquias que presentan los valores más altos son Calderón (39°C), San Antonio (38.4°C) y Llano Chico (38.3°C), y las parroquias con los valores más bajos son: Iñaquito (30.6°C), Puengasí (31°C) e Itchimbia (31.1°C). En el siguiente cuadro, se muestra la tabla que contiene las estadísticas totales de las 55 parroquias para el año 2010 ordenadas de forma descendente de acuerdo al valor de Ts máxima:

Tabla 2 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2015

PARROQUIA	Max.	Min.	1er Qu.	Median	Mean	3er Qu.
Puembo	49.0	0.0	32.4	34.7	34.8	36.9
Tumbaco	49.0	0.0	32.6	34.2	34.3	35.9
Zábiza	49.0	0.0	33.6	36.7	37.3	41.0
Alangasí	49.0	0.0	33.1	35.8	34.7	37.7
Calderón	48.9	0.0	36.7	39.3	39.1	41.6
Tababela	48.3	25.3	33.5	36.5	36.5	40.1
Itchimbia	48.0	0.0	29.0	31.5	31.1	33.6

PARROQUIA	Max.	Min.	1er Qu.	Median	Mean	3er Qu.
Guangopolo	47.8	0.0	29.7	32.1	32.0	34.6
San Antonio	46.9	20.9	37.0	39.2	38.4	41.2
Amaguaña	46.1	15.6	28.7	33.2	32.2	36.7
La Merced	46.1	22.4	34.2	36.8	36.2	38.8
Guayllabamba	46.0	25.2	32.4	34.5	35.0	37.5
Comite del Pueblo	45.7	19.8	31.0	32.6	32.6	34.5
El Quinche	45.5	20.6	30.0	32.4	32.5	34.5
Pomasqui	45.4	23.3	33.7	35.8	35.7	37.8
Llano Chico	44.7	27.5	36.5	38.9	38.3	40.7
Cumbayá	44.6	22.3	33.4	35.0	34.9	36.7
Conocoto	44.4	21.5	32.6	35.6	34.6	37.1
Calacalí	44.1	19.5	29.4	33.8	33.2	37.6
Yaruquí	43.6	10.1	30.0	33.0	32.3	35.1
Pintag	42.6	19.1	28.8	31.4	31.2	33.9
El Condado	42.5	25.2	32.6	33.9	34.1	35.6
Pifo	42.5	16.1	28.6	31.3	31.3	34.0
Carcelen	42.4	27.5	34.1	35.5	35.2	36.6
Checa	42.1	20.2	30.7	32.6	32.6	34.6
Chilibulo	41.9	29.1	34.7	35.4	35.5	36.1
S.Isidro del Inca	41.9	21.7	32.0	33.4	33.6	35.2
Nono	41.9	19.9	31.4	34.1	33.3	36.4
Guamani	41.3	19.4	32.1	33.4	32.8	34.7
La Ferroviaria	41.0	23.3	31.1	32.6	32.3	33.9
La Ecuatoriana	40.9	26.8	32.9	33.6	33.9	34.5
Nayon	40.9	26.2	32.5	34.2	34.0	35.5
Chillo Gallo	40.4	29.3	33.1	34.0	34.0	34.8
La Argelia	40.4	26.1	31.3	32.3	32.7	33.7
Inaquito	39.3	22.5	28.4	30.9	30.6	32.7
Quitumbe	39.1	21.1	30.8	32.0	31.8	33.2
Concepción	38.7	26.0	33.9	34.5	34.7	35.6
La Mena	38.5	26.7	33.4	34.2	34.0	34.9
Turubamba	38.5	20.3	30.1	31.7	31.3	32.9
La Libertad	38.1	21.0	32.2	34.3	33.4	35.8
Kennedy	38.1	18.1	31.8	33.0	32.7	33.8
La Magdalena	38.0	24.0	34.3	35.2	34.8	35.9
Solanda	38.0	23.4	32.6	33.5	33.1	34.2
Centro Historico	38.0	23.6	33.4	35.2	34.3	36.2
San Bartolo	37.7	28.4	33.8	34.7	34.6	35.6
Puengasi	37.7	21.5	28.9	31.8	31.0	33.4
Ponceano	37.6	16.4	31.3	32.7	32.4	33.9
Belisario Quevedo	37.3	25.1	32.2	33.2	33.0	33.9
Cotacollao	37.3	30.5	33.8	34.4	34.3	34.9
Jipijapa	37.3	26.1	31.6	32.9	32.6	33.6
Chimbacalle	37.0	28.1	33.8	34.6	34.4	35.1
San Juan	36.8	23.0	32.3	33.6	33.1	34.6

PARROQUIA	Max.	Min.	1er Qu.	Median	Mean	3er Qu.
Cochapamba	36.7	22.4	31.6	33.0	32.5	33.8
Rumipamba	36.6	23.9	31.9	33.6	33.0	34.5
Mariscal Sucre	36.5	25.8	31.3	32.3	32.1	32.9

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el siguiente gráfico se muestra a las 55 parroquias en estudio ordenadas de forma descendente por el valor de temperatura superficial máxima.

Figura 15: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2015



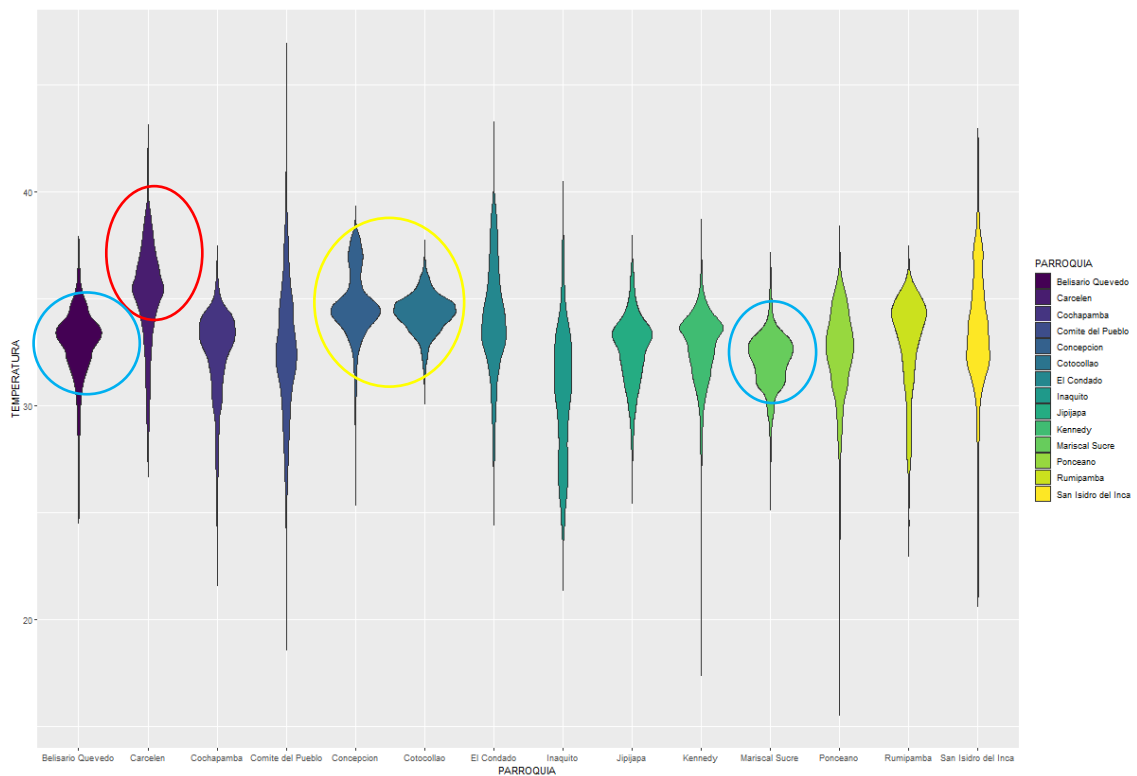
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

A continuación se realiza un análisis comparativo entre todas las parroquias, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios. El análisis hace una distinción entre parroquias urbanas y rurales, y tomando en cuenta la localización geográfica de las mismas. A continuación los resultados:

1. Parroquias Urbanas 2015

Se analiza la distribución general de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Norte** de Quito: Belisario Quevedo, Carcelén, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, Cotocollao, El Condado, Ñaquito, Jipijapa, Kennedy, Mariscal Sucre, Ponceano, Rumipamba y San Isidro del Inca. Al hacer este análisis comparativo, se observa que en el 2015, Carcelén es la parroquia con la temperatura superficial más alta, seguida de Concepción y Cotocollao. Por otra parte, las parroquias con las temperaturas superficiales más bajas son Mariscal Sucre, Belisario Quevedo y Cochapamba.

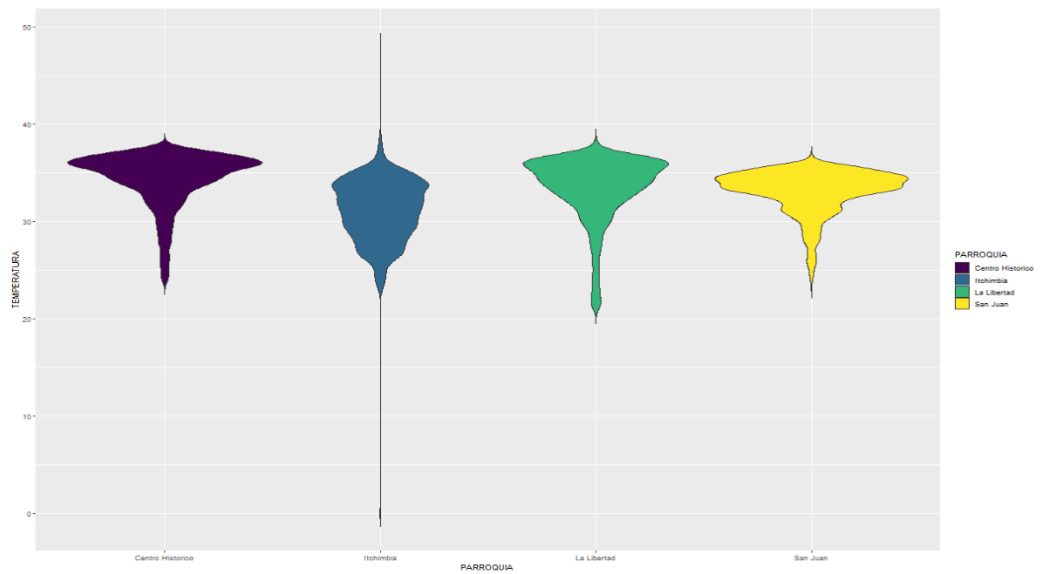
Figura 16: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2015



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias urbanas del **Centro de Quito**: Centro Histórico, Itchimbí, La Libertad y San Juan se observa que las cuatro zonas presentan temperaturas superficiales similares, tal y como se muestra a continuación:

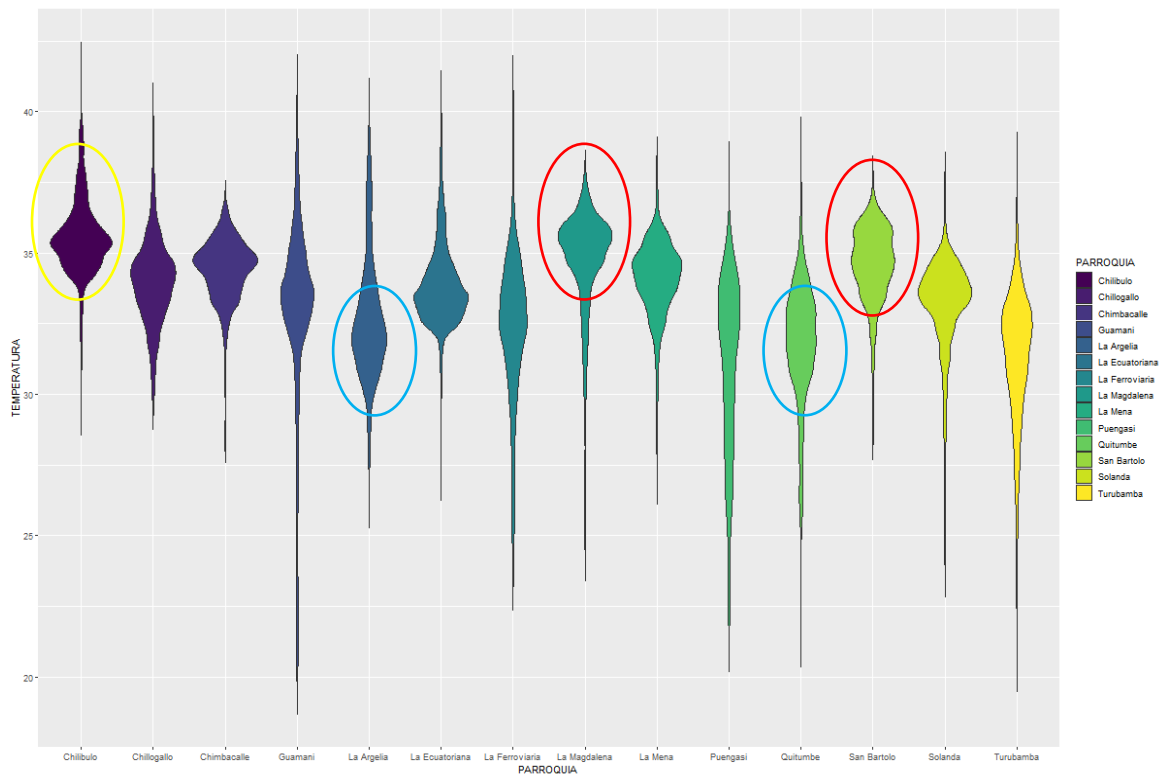
Figura 17: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2015



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Finalmente al analizar la distribución espacial de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Sur** de Quito: Chilubulo, Chillogallo, Chimbavalle, Guamaní, La Argelia, La Ecuatoriana, La Ferroviaria, La Magdalena, La Mena, Puengasí, Quitumbe, San Bartolo, Solanda y Turubamba, se observa que las parroquias La Magdalena y San Bartolo son las que presentan las temperaturas superficiales más altas, seguida de Chilubulo. Por otra parte La Argelia y Quitumbe, son las que presentan las temperaturas superficiales más bajas para el 2015.

Figura 18: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas sur de Quito - 2015

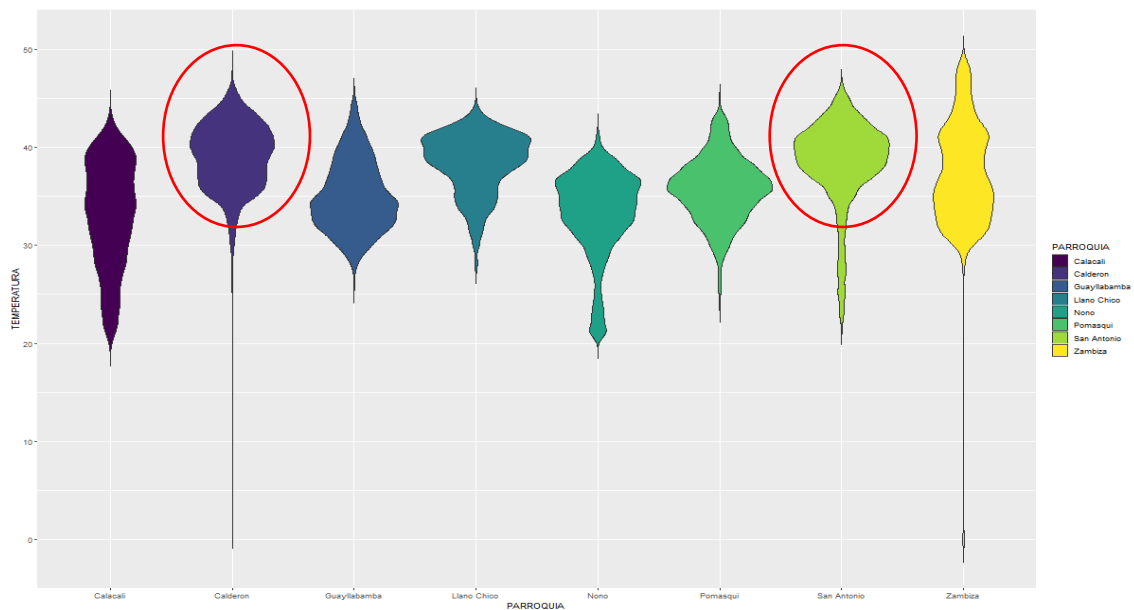


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

2. Parroquias Rurales 2015

Al analizar las parroquias rurales del norte de Quito: Calacalí, Calderón, Guayllabamba, Llano Chico, Nono, Pomasqui, San Antonio y Zámiza, se observa que las parroquias San Antonio y Calderón son las que en conjunto, presentan los valores de temperatura superficial más alta, seguida de Llano Chico y Pomasqui. La zona de estudio perteneciente a Nono, es la zona que presenta las temperaturas superficiales más bajas.

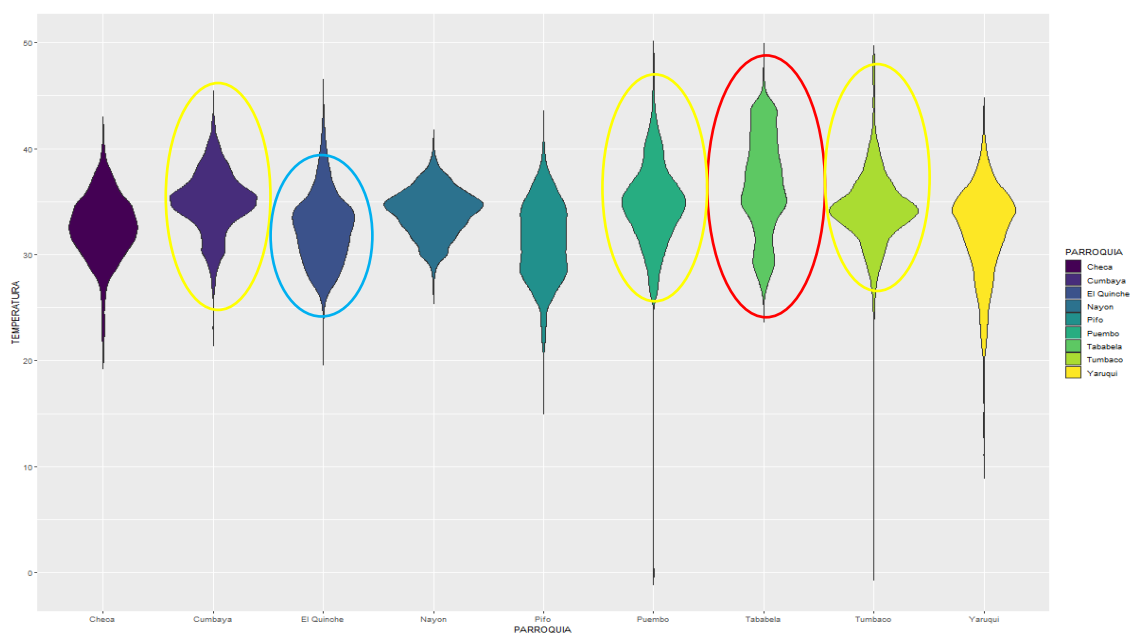
Figura 19: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Norte de Quito -2015



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias rurales del nororiente de Quito: Checa, Cumbayá, El Quinche, Nayón, Pifo, Puembo, Tababela, Tumbaco y Yaruquí, se observa que en conjunto, la parroquia Tababela, es la que presenta la mayor temperatura superficial, seguida de Puembo, Tumbaco y Cumbayá. Por otra parte, la parroquia El Quinche, es la que presenta la temperatura superficial más baja.

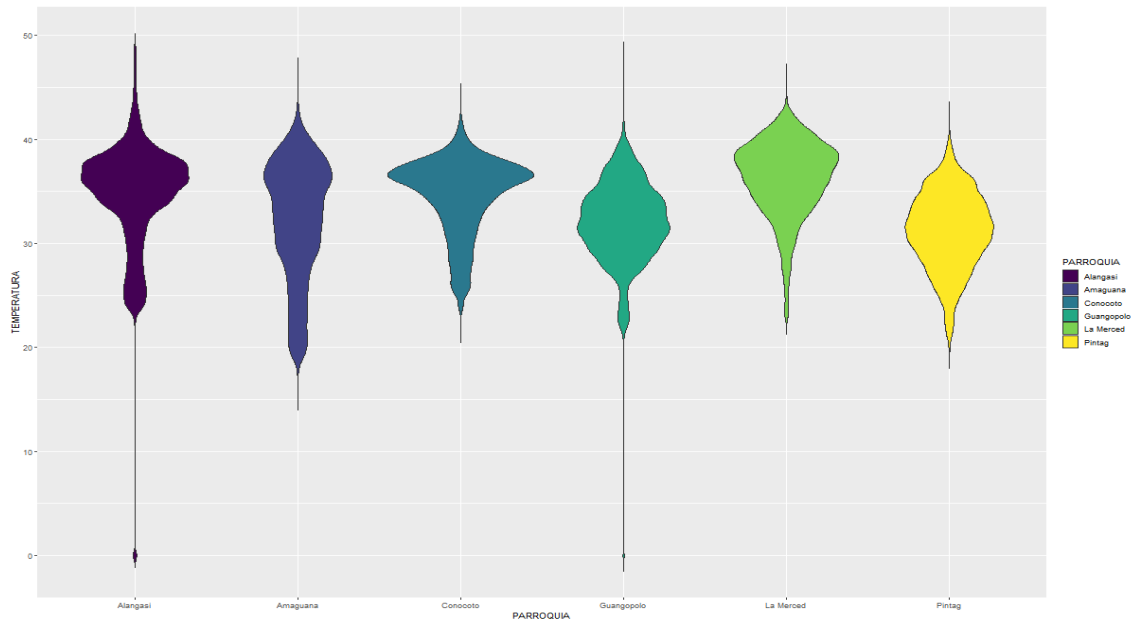
Figura 20: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2015



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el caso de las parroquias rurales del sur oriente de Quito: Alangasí, Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced y Pintag, se observa que todas las parroquias presentan temperaturas superficiales similares, con una pequeña diferencia en Guangopolo y Pintag que tienen valores relativamente más bajos.

Figura 21: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales suroriental de Quito 2015



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.2.1.3. Año 2019

Al analizar las temperaturas superficiales máximas para el año 2019, se observa que los valores más altos se localizan en dos parroquias rurales y una parroquia urbana, siendo éstas Puenbo (49.1°C), Guayllabamba (46.7°C) y Carcelén (45.4°C) las que presentan los valores más altos con 49°C. De acuerdo al análisis realizado, la temperatura más alta en Puenbo corresponde a un invernadero, en el caso de Guayllabamba corresponde a arbustos secos, y en el caso de Carcelén corresponde a suelo desnudo. Las parroquias con la mayor temperatura superficial media son: Calderón (35.8°C), Llano Chico (35.7°C) y San Antonio (34.8°C).

Respecto a temperatura superficial **media**, las parroquias que presentan los valores más altos son Calderón (35.8°C), Llano Chico (35.7°C) y San Antonio (34.8°C), y las parroquias con los valores más bajos son: Turubamba (28.8°C), Amaguaña (29.0°C) y Quitiumbe (29.1°C).

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de cada estadística de temperaturas superficiales para cada parroquia organizada de forma descendente por su temperatura superficial máxima más alta:

Tabla 3 Estadísticas de temperaturas superficiales de 55 parroquias 2019

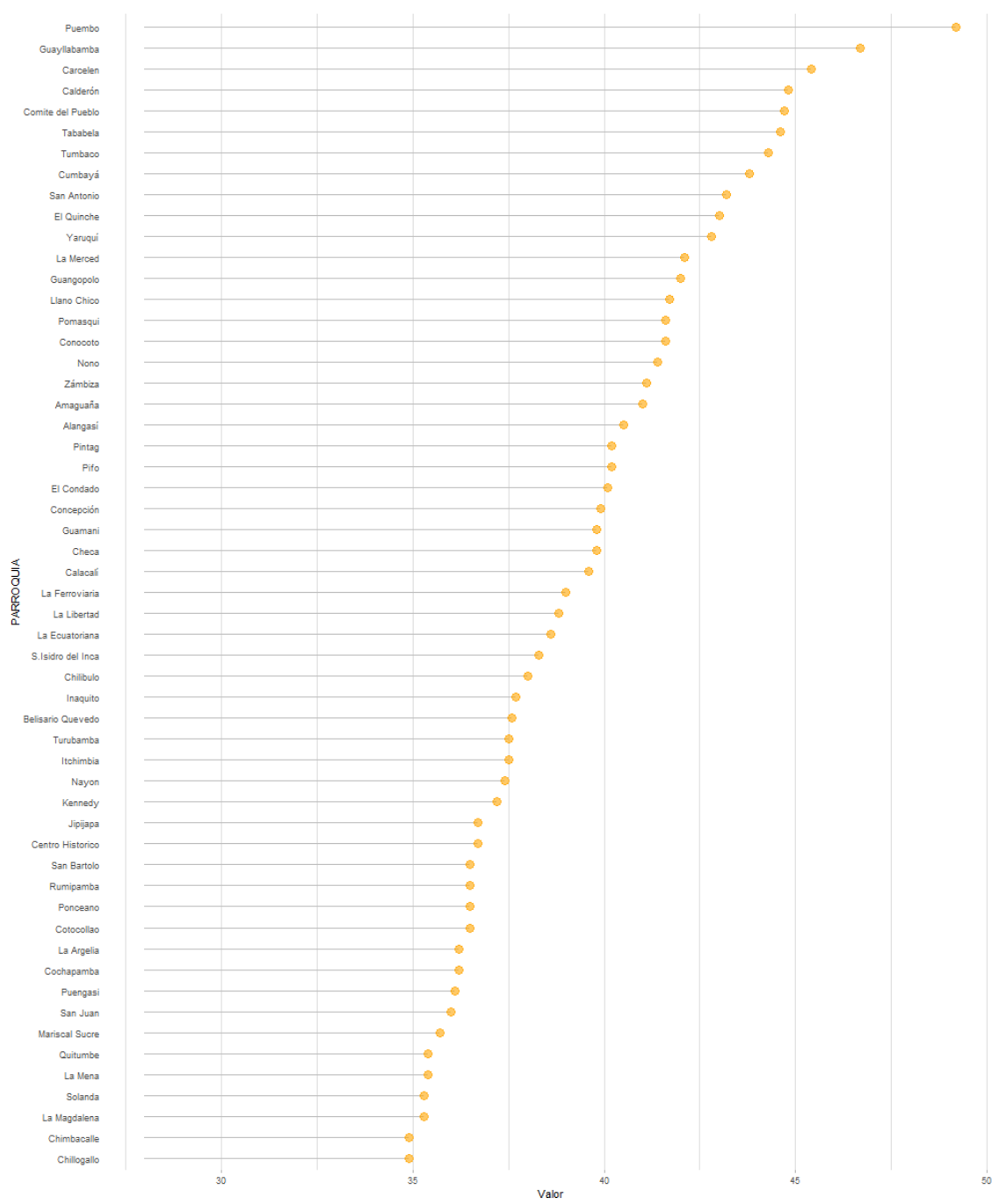
PARROQUIA	Max.	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.
Puenbo	49.18	23.71	30.20	32.14	32.07	33.84
Guayllabamba	46.71	23.93	30.96	32.85	33.26	35.32
Carcelen	45.41	24.49	31.46	32.49	32.32	33.40
Calderón	44.82	18.31	33.42	35.88	35.83	38.23
Comite del Pueblo	44.66	22.21	29.48	30.90	30.94	32.35
Tababela	44.63	23.85	31.04	33.37	33.73	36.73
Tumbaco	44.29	20.87	30.47	32.29	32.00	33.71
Cumbayá	43.82	21.28	31.66	33.60	33.20	35.09
San Antonio	43.24	19.03	33.63	35.47	34.78	37.21
El Quinche	43.01	22.51	28.64	30.83	30.86	32.69
Yaruquí	42.82	11.73	28.18	30.77	30.16	32.68
La Merced	42.14	20.21	31.33	34.02	33.47	36.05
Guangopolo	42.02	18.99	27.35	30.10	29.84	32.51
Llano Chico	41.71	25.11	33.87	36.29	35.71	38.03
Pomasqui	41.60	20.83	30.09	32.41	32.09	34.06
Conocoto	41.57	20.56	30.36	32.84	31.79	34.10
Nono	41.41	18.88	29.42	32.02	31.20	33.84
Zámbiza	41.06	25.20	30.88	33.61	33.76	36.66
Amaguaña	41.02	15.02	25.57	29.96	29.04	33.05
Alangasí	40.46	20.09	29.94	32.85	31.86	34.69
Pifo	40.24	16.81	27.32	30.01	29.90	32.47
Pintag	40.22	18.68	27.77	30.23	30.14	32.59
El Condado	40.12	23.01	30.43	32.06	32.05	33.83
Concepción	39.89	25.80	33.54	34.20	34.34	34.90
Guamani	39.80	17.98	29.74	31.12	30.40	32.09

Checa	39.75	19.36	28.72	30.56	30.42	32.19
Calacalí	39.57	17.52	25.93	29.75	29.29	33.05
La Ferroviaria	39.05	20.95	28.63	29.96	29.60	31.25
La Libertad	38.76	19.36	29.56	31.49	30.69	32.83
La Ecuatoriana	38.64	24.57	30.40	31.06	31.23	31.84
S.Isidro del Inca	38.32	23.08	30.32	31.56	31.56	32.98
Chilibulo	37.95	26.50	32.09	32.68	32.73	33.39
Inaquito	37.70	21.33	26.25	29.74	29.12	31.84
Belisario Quevedo	37.56	24.22	31.63	32.78	32.44	33.51
Turubamba	37.48	16.78	27.52	29.61	28.84	30.65
Itchimbía	37.45	20.63	26.95	29.64	29.41	32.11
Nayon	37.39	25.10	30.90	32.57	32.27	33.66
Kennedy	37.19	17.70	30.82	32.16	31.87	33.05
Centro Historico	36.74	22.25	31.43	33.58	32.52	34.53
Jipijapa	36.67	24.92	30.04	31.44	31.29	32.82
Ponceano	36.55	19.69	29.83	31.32	31.18	32.87
Cotocollao	36.52	29.98	32.92	33.58	33.45	34.17
San Bartolo	36.48	26.04	31.01	31.86	31.80	32.80
Rumipamba	36.45	24.00	31.66	33.04	32.40	33.82
Cochapamba	36.25	20.89	30.76	32.24	31.73	33.25
La Argelia	36.16	23.32	28.13	29.17	29.54	30.57
Puengasi	36.15	20.45	27.86	30.87	29.98	32.35
San Juan	36.00	21.03	30.39	32.42	31.62	33.43
Mariscal Sucre	35.70	25.80	31.11	31.81	31.73	32.45
La Mena	35.45	24.08	30.40	31.39	31.26	32.21
Quitumbe	35.37	19.61	28.21	29.41	29.10	30.76
Solanda	35.32	19.78	29.53	30.40	30.13	31.11
La Magdalena	35.32	21.52	31.89	32.64	32.28	33.24
Chillo Gallo	34.92	25.70	30.16	31.04	30.94	31.85
Chimbacalle	34.90	27.22	31.79	32.44	32.33	32.94

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el siguiente gráfico se muestra a las 55 parroquias en estudio ordenadas de forma descendente por el valor de temperatura superficial máxima.

Figura 22: Temperaturas superficiales máximas para 55 parroquias -2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Adicionalmente para el año **2019**, se efectuó un análisis más detallado por parroquia, considerando las zonas de mayor y menor temperatura superficial y su distribución espacial.

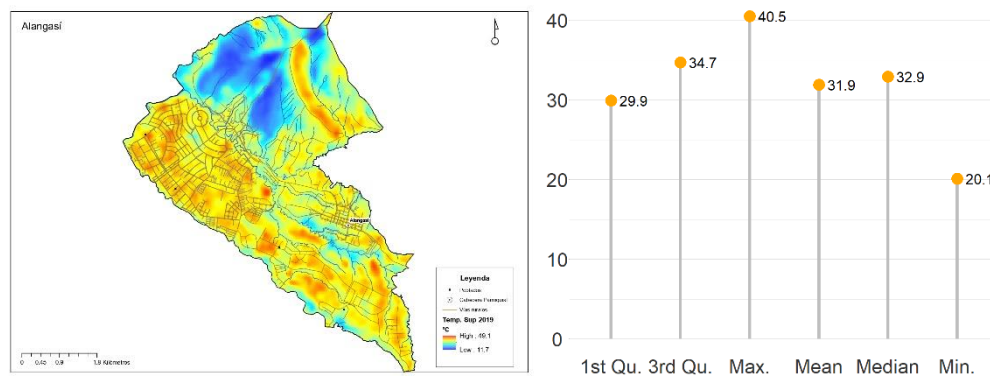
Así, para cada parroquia, se muestra un mapa que muestra la distribución espacial de las temperaturas superficiales acompañado de un gráfico que muestra la temperatura superficial máxima, mínima, promedio, la mediana, así como el rango predominante de temperatura en la zona de estudio, representado por los quintiles 1 y 3. Los resultados se describen a continuación:

1. Alangasí

En esta parroquia las mayores concentraciones de calor se observan a lo largo de dos vías: La vía Ilaló – Alangasí, principalmente en los barrios San Carlos, Ushimana, y también se observa mayores temperaturas a lo largo de las Av. Río Curaray, Av. Argentina, Av. Río Zamora, Av. Río Pastaza, sector Bethania. En estos sectores, los valores registrados oscilan entre los 34°C y 38°C, estos sectores constituyen la zona con mayor consolidación. En el sector de cabecera de Alangasí, barrio La Cocha, San Juan Loma, los valores registrados oscilan entre 33°C y 35°C.

En el barrio San Juan Bautista y parte alta oriental de Angamarca, se observa un sector con altas temperaturas, registrándose valores entre 36°C y 37°C los cuales de acuerdo al Atlas Ambiental 2016, corresponde a cultivos de ciclo corto y/o pastos cultivados con fines pecuarios. Finalmente en la parte alta occidental de Angamarca y el sector San Antonio, se registran Ts que oscilan entre 21°C y 23°C, que de acuerdo con la información proporcionada por el Atlas Ambiental 2016, corresponde a bosques y áreas seminaturales, principalmente eucalipto, alternado con vegetación natural arbustos húmedos. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 23: Temperaturas superficiales Alangasí



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

2. Amaguaña

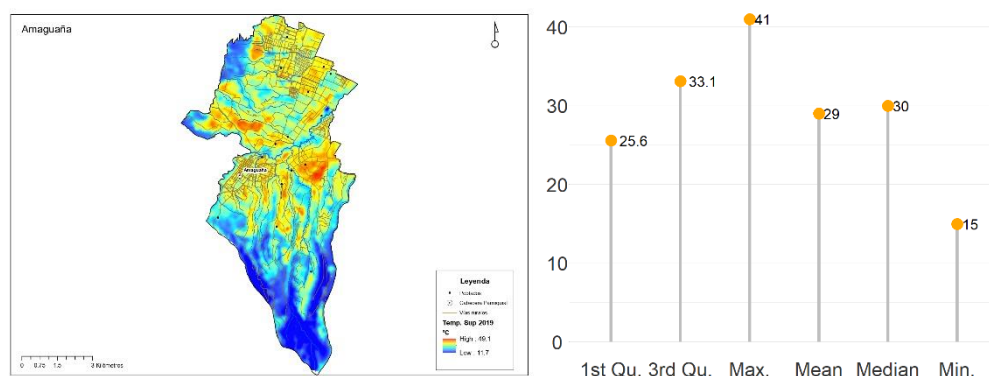
En la parroquia de Amaguaña se observa que los barrios Chillo Jijón, Santa Isabel, presentan temperaturas superficiales más altas con valores que bordean los 36°C, y corresponde a sectores en proceso de consolidación con presencia de lotes vacíos. También el barrio La Balvina presenta altas temperaturas superficiales a lo largo de la calle Francisco Javier Espinosa Acevedo y barrio González Suárez con valores que oscilan entre los 35°C y 37°C.

En el sector de la cabecera de Amaguaña, los valores de temperatura superficial oscilan entre los 33°C y 36°C, los valores más altos se localizan a lo largo de la calle Unión y Progreso, Miguel Fernández y calle De Los Capulíes, en los barrios Cuendina Grande y Santa Rosa.

De la misma manera, en el barrio Catahuango se registran altos valores de temperatura superficial que oscilan entre los 34°C y 39°C, en este sector se observa una alta presencia de pastos cultivados y cultivos de ciclo corto de acuerdo con la información proporcionada por el Atlas Ambiental 2016. En el barrio Miranda Grande, la temperatura superficial bordea los 36°C y en los barrios La Vaquera, San Juan Cruz y San Luis donde se observa procesos de consolidación, las temperaturas superficiales oscilan entre los 34°C y 36°C.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se localizan sobre los sectores de las quebradas: Santo Domingo, Cañari, Las Lanzas, Languilagua, Chiquiscahuaycu donde los valores oscilan entre los 23°C y 25°C. En el caso de las quebradas Chusalongo y Yanayacu, éstas presentan valores de temperatura superficial entre 23°C y 25°C en la zona rural, los que suben hasta los 32°C cuando atraviesan las zonas consolidadas. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 24: Temperaturas superficiales Amaguaña



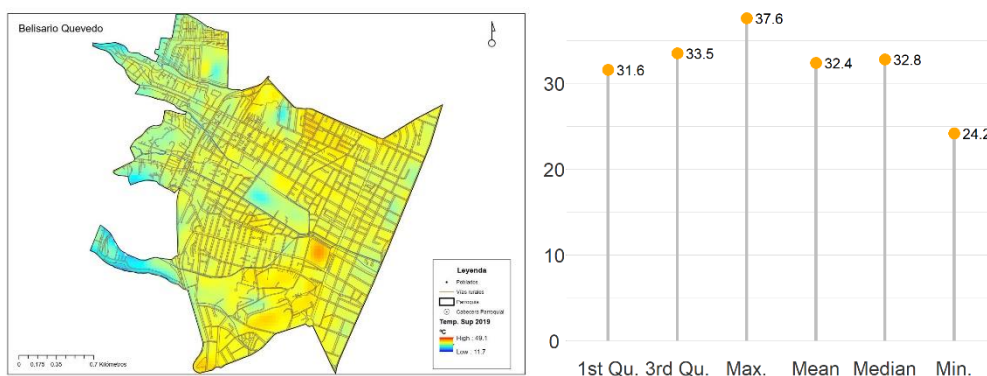
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

3. Belisario Quevedo

En esta parroquia, se observa que las zonas de mayor temperatura superficial se encuentran sobre el campus universitario de la Universidad Central del Ecuador (con excepción del edificio de la Facultad de Artes) y el Seminario Mayor, donde se registra una temperatura promedio de 34°C y 37.6°C respectivamente. Para los demás sectores, la Ts en esta parroquia es relativamente homogénea, registrándose valores que oscilan entre los 33°C y los 35°C, con excepción del sector donde se encuentra el parque La Isla, donde se registra una temperatura superficial de 29°C. Adicionalmente en los barrios localizados sobre la Av. Occidental, como La Primavera, Santa Clara de Millán, El Armero, presentan temperaturas superficiales más bajas, registrándose valores entre 29°C y 31°C.

En esta parroquia NO se observa una reducción considerable de las temperaturas superficiales en zonas de las quebradas Rumipamba y Suchuchimba. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 25: Temperaturas superficiales Belisario Quevedo



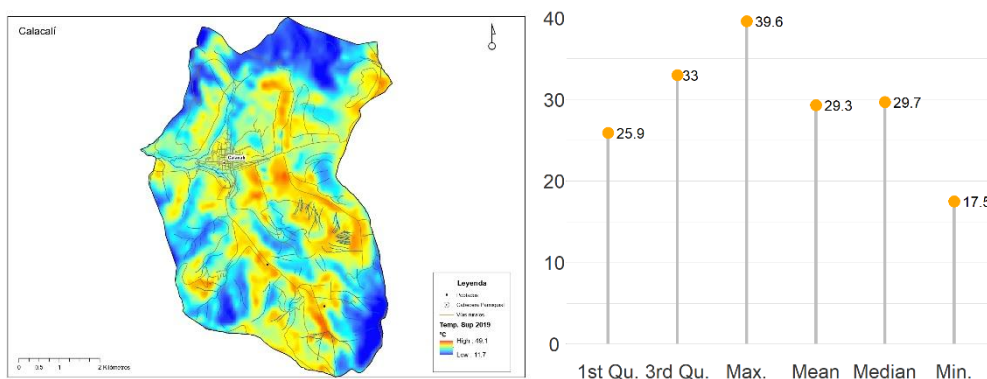
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

4. Calacalí

En la parroquia de Calacalí, se consideró como zona de estudio los sectores que en la actualidad presentan mayor consolidación. Así, se observa que las mayores temperaturas superficiales, se localizan los sectores conocidos como Hacienda Tilingo, Rayocucho y Caspigasí, donde las temperaturas superficiales se encuentran entre los 34°C y 39°C. De acuerdo al mapa de cobertura vegetal del Atlas 2016 de Distrito Metropolitano de Quito, estas zonas corresponden principalmente a pastos cultivados o cultivos de ciclo corto. En la zona de la cabecera de Calacalí, también se observan zonas con islas de calor que bordean los 37°C de temperatura superficial, no obstante de acuerdo al mapa de cobertura vegetal, estos sectores corresponden a arbustos secos.

Las islas frías presentes en Calacalí, se localizan en el sector de Rayocucho donde las temperaturas superficiales oscilan entre los 18°C y 23°C. Esta isla se conforma debido a la sombra que proyecta las laderas del Casitagua. En la zona de Caspigasí, las zonas donde se observan islas frías, corresponde a bosques húmedos, arbustos húmedos, de acuerdo al mapa de cobertura vegetal del Atlas Ambiental 2016 de Quito. Parte de estas zonas se encuentran dentro de la Reserva Geobotánica Pululahua, como parte del Subsistema Estatal Del Sistema Nacional De Áreas Protegidas (SNAP). En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 26: Temperaturas superficiales Calacalí



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5. Calderón

Calderón presenta un pico de temperatura entre los 40º y 44.8ºC en el sector de las Laderas de San Francisco, Comuna San Francisco de Oyacoto y San Miguel Comuna Baja, debido a que en esos sectores existe una gran presencia de herbazal secos con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección, de acuerdo a la información del Atlas Ambiental.

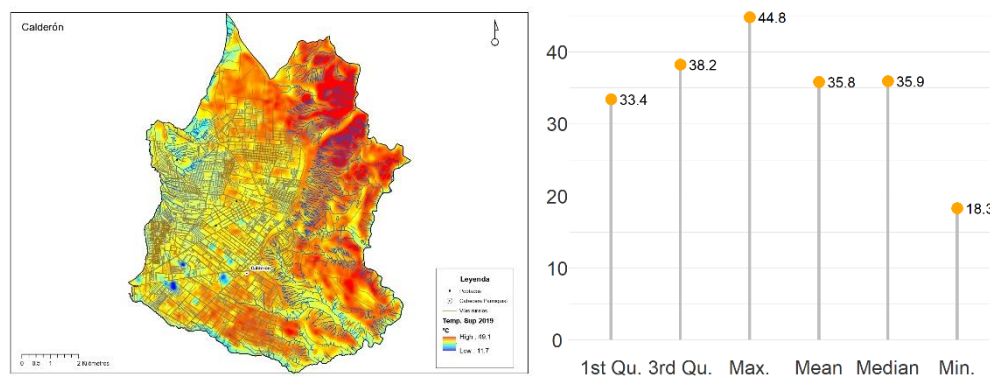
También se observa que en el Barrio Bellavista, se registra altas temperaturas superficiales que bordean entre los 38ºC y 40ºC, principalmente a lo largo de la vía principal que atraviesa el sector en sentido este-oeste. Lo propio ocurre en los barrios San Juan de Calderón, 24 de junio, Sol Naciente y Jesús del Gran Poder en donde se observa la presencia de asentamientos informales.

Otros sectores con concentración alta de temperatura superficial corresponde a los barrios de Ana María, Esperanza Progreso, San José Alto. Lo propio ocurre con los barrios Redin # 2, Candelaria No1, El Cajón, La Capilla, San Juan Loma Alto, Landázuri, El Carmen, donde se observa zonas en procesos de consolidación que alterna con lotes baldíos, donde las temperaturas superficiales oscilan entre los 35ºC y 38ºC.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se concentran en los sectores de las quebradas Curiquingue y San Luis, en las que se registran temperaturas entre los 28ºC y 30ºC.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 27: Temperaturas superficiales Calderón



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

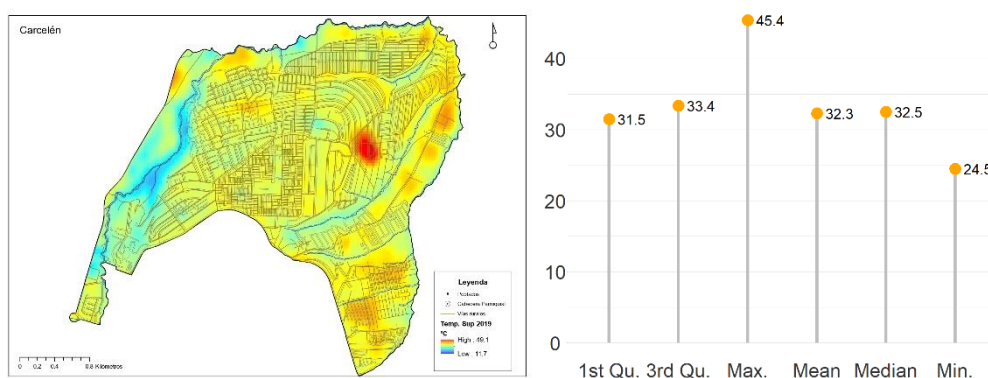
6. Carcelén

En la parroquia Carcelén, los sectores de mayor temperatura superficial se registran en Pusuquí Chico y Carcelén Libre, en el sector conocido como “El Murko” sobre la extensión de la Av. Simón Bolívar, donde la temperatura superficial oscila entre los 32º y 36ºC, la

temperatura más alta, responde a la presencia de suelo desnudo que colinda con sectores en proceso de consolidación, reflejando 45.4°C.

En el resto de la parroquia -en la zona consolidada- la temperatura superficial promedio es de 32.3°C que se concentra sobretudo en la zona inscrita dentro de las Av. Jaime Roldós Aguilera, y Av. Isidro Ayora, en el núcleo central de Carcelén. No obstante de ello, se observan temperaturas superficiales más bajas hacia las zonas de los ríos Parcayacu y Pusiquí y quebradas Alameda y Cantagallo. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 28: Temperaturas superficiales Carcelén



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

7. Centro Histórico

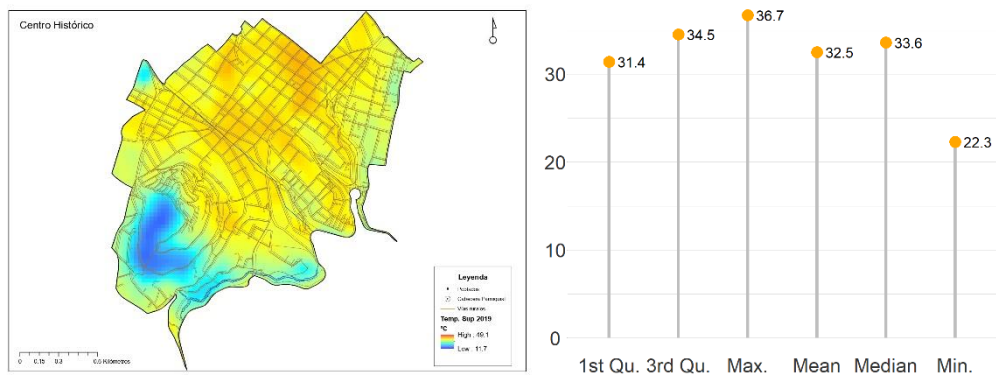
En la parroquia Centro Histórico, se observa que la mayor temperatura superficial se concentra alrededor de la Plaza Grande, principalmente en los sectores comprendidos entre las calles Mejía, Olmedo, Manabí, Guayaquil y Flores en el barrio González Suárez, donde se registran temperaturas superficiales que bordean los 36°C. También en el sector de las calles Imbabura y Mideros, así como en los barrios La Victoria y San Roque, se registraron temperaturas superficiales que bordean los 36°C, principalmente sobre la cancha deportiva de la Unidad Educativa San Andrés y a cancha deportiva de la Unidad Educativa General Rumiñahui.

Así mismo en el sector comprendido entre las calles Sucre, Cuenca, Ambato y Flores, se registran temperaturas superficiales que bordean los 35°C, sobre la Plaza Grande se registran 34°C. Se observa además que el Parque Cumandá registra una temperatura superficial promedio de 34°C; también a lo largo de la calle 24 de Mayo se observan zonas con altas temperaturas superficiales, registrándose valores entre los 33°C y 35°C.

Por otra parte, temperaturas superficiales más bajas se registraron en el barrio La Loma a lo largo de la calle Rocafuerte, donde se registran valores de 31°C y en el barrio de San Marcos entre las calle Sucre y Junín, donde se registraron 32°C. Ambos barrios se conectan con la zona de protección del Río Machángara, sector conocido como Molinos El Censo. Así mismo en el sector de El Panecillo las temperaturas superficiales registradas oscilan entre los 22°C y 28°C, así como la zona del parque lineal del Río Machángara en el sector de La

Recoleta que registra un valor de 26°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 29: Temperaturas superficiales Centro Histórico

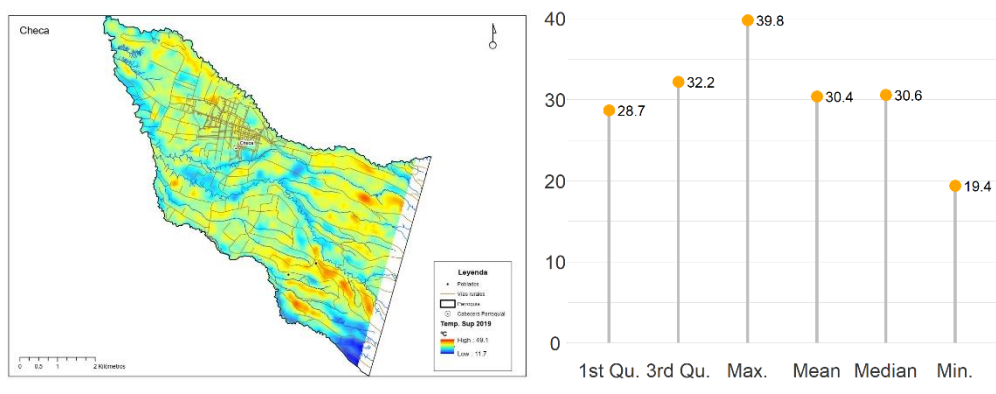


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

8. Checa

La cabecera central de Checa, presenta temperaturas superficiales que oscilan entre los 28°C y los 33°C, que se concentran en su mayoría alrededor del parque central y a lo largo de la vía Quito. Existen algunos sectores sin urbanizar que presentan temperaturas superficiales altas que bordean los 34°C a 39.8°C. De acuerdo al Atlas Ambiental 2016, esos sectores se conforman principalmente de cultivos permanentes y semipermanentes y pastos cultivados. Las temperaturas superficiales más bajas se presentan a lo largo de las quebradas donde se registran valores que oscilan entre los 24°C y 27°C, también se observa que existen algunas cubiertas cuyas temperaturas superficiales se encuentran entre los 24°C y 26°C principalmente invernaderos. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 30: Temperaturas superficiales Checa



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

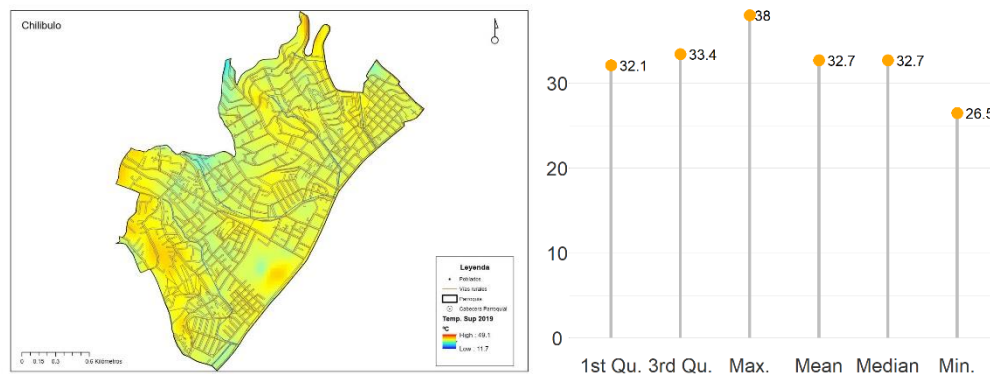
9. Chilibulo

Para la parroquia de Chilibulo, los sectores que registran mayores temperaturas superficiales son los barrios Unión y Acción, Palestina, y La Lorena en las proximidades de la Planta de Tratamiento de Agua Chilibulo, donde se observan procesos de consolidación alternando entre vivienda y pastos cultivados, y en el que las temperaturas superficiales registradas oscilan entre los 33°C y 35°C.

También en los barrios Jesús del Gran Poder a lo largo de la calle de Los Libertadores y Magdalena Alta a lo largo de la calle Arenillas, se registran mayores temperaturas superficiales, con un valor promedio de 34°C, aunque el punto más alto se localiza en la parte central del barrio Jesús del Gran Poder con 38°C. Por otra parte, se observa una leve baja en las temperaturas superficiales en el barrio Santiago Bajo que colinda con la quebrada La Raya Norte, y en las inmediaciones del Colegio Abdón Calderón donde se registran 31°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 31: Temperaturas superficiales Chilibulo



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

10. Chillogallo

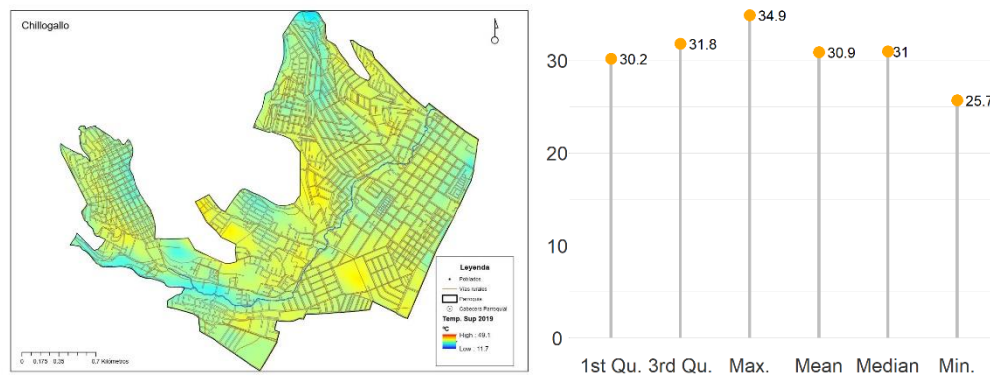
Para la parroquia de Chillogallo se analizó únicamente zona urbana. Las temperaturas superficiales más altas se registran en los siguientes sectores: San Gregorio y San Luis que presentan zonas con pastos cultivados llegando a registrarse valores de 33°C sobre todo a lo largo de la calle Oe11L.

Para el barrio Santa Rosa de Chillogallo Etapa III, se observa que la temperatura superficial más alta se concentra a lo largo de las calles Apóstol Andrés y Profeta Ageo, registrándose valores de 32°C; y finalmente en los barrios Colinas de Chillogallo, El Tránsito, El Porvenir y La Esperanza, se registran valores de temperatura superficial de 33°C, las cuales se deben a la presencia de suelo con pastos cultivados, alternados con lotes en proceso de consolidación. Así mismo sobre el predio donde se localiza la Iglesia Santa María del Camino, Barrio 23 de Mayo, Palermo y Matoyelle, se registra una temperatura superficial de 34°C.

Finalmente el barrio La Estancia entre las calles Nicolás Cevallos y Jorge Salvador registran valores bordean los 31°C.

Las temperaturas superficiales más bajas, se concentran hacia los sectores de las quebradas de Río Grande, Quebrada Arrayanes y barrio Buenaventura con valores que oscilan entre los 28°C y 30°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 32: Temperaturas superficiales Chilligallo



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

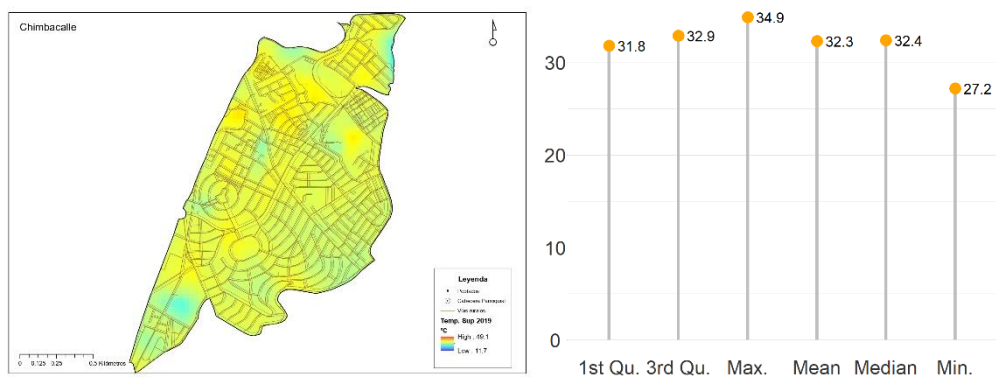
11. Chimbacalle

En la parroquia de Chimbacalle, los barrios Luluncoto (Incluida la Pasteurizadora), México, El Camal y Los Andes, son los que presentan las mayores temperaturas superficiales, registrándose valores que oscilan entre los 33°C y 34°C. Se observa un pico de temperatura alto sobre la Estación de Trenes de Chimbacalle y Estadio de Chimbacalle, donde se registran valores promedio de 34.9°C

Por otra parte, las zonas que registran menor temperatura se localizan sobre el Colegio Nacional Montúfar (excepto la pista atlética), Iglesia de Chimbacalle, barrio Pío XII, Terminal de El Recreo, Mercado Municipal Chiriyacu en las que las temperaturas superficiales oscilan entre los 28°C y 30°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 33: Temperaturas superficiales Chimbacalle

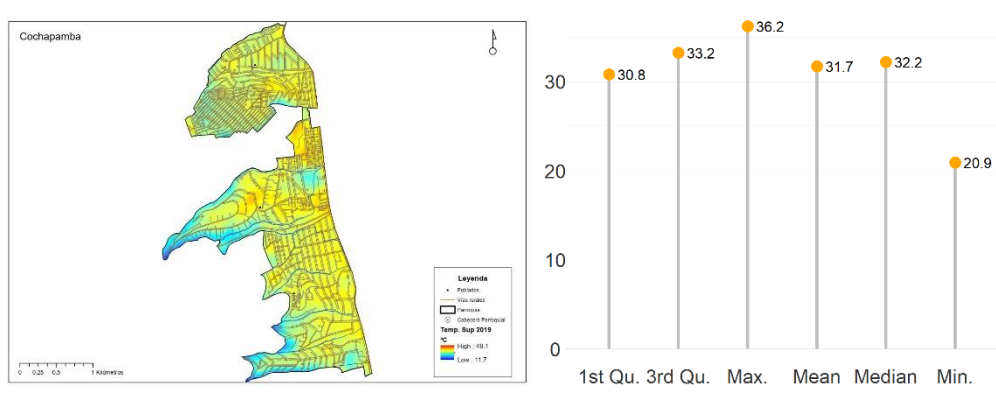


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

12. Cochapamba

Para esta parroquia, se analizó únicamente la zona urbana, determinándose que la zona de mayores temperaturas superficiales, se encuentra en el barrio La Pulida y Ana María Bajo y la parte alta del barrio La Florida y el Pinar Alto, donde los valores oscilan entre los 33°C y 36.2°C. Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se registran sobre las quebradas La Concepción, Runachanca, San Carlos, Habas Corral, donde los valores bordean los 26°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 34: Temperaturas superficiales Cochapamba



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

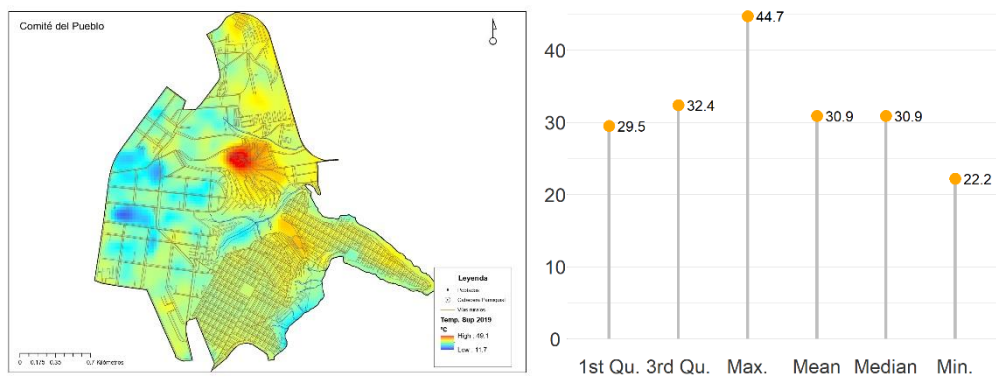
13. Comité del Pueblo

Se observa que la mayor temperatura superficial se encuentra en el parque del barrio Puertas del Sol con 44.7°C, de acuerdo a la información del Atlas Ambiental de Quito 2016, corresponde a pastos cultivados. Otro punto con valores altos es el sector de Bellavista de Carretas y en el sector del TRP del Comité del Pueblo n°2 que corresponde a zonas consolidadas

Se observa además que existe una zona de temperaturas superficiales más bajas que se localiza en un sector con gran presencia de bodegas y galpones, principalmente entre las Av. Galo Plaza Lasso y Av. Eloy Alfaro en sentido norte-sur, y desde el predio donde se localiza el parque de bodegas y almacenes “Parquenor”, hasta la calle Manuel Ambrossi, donde se registran rangos de temperatura superficial que oscilan entre los 24°C y 26°C; así mismo se observan temperaturas bajas sobre la quebrada Hormaza y quebrada San Antonio que la separa de la parroquia Llano Chico.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 35: Temperaturas superficiales Comité del Pueblo

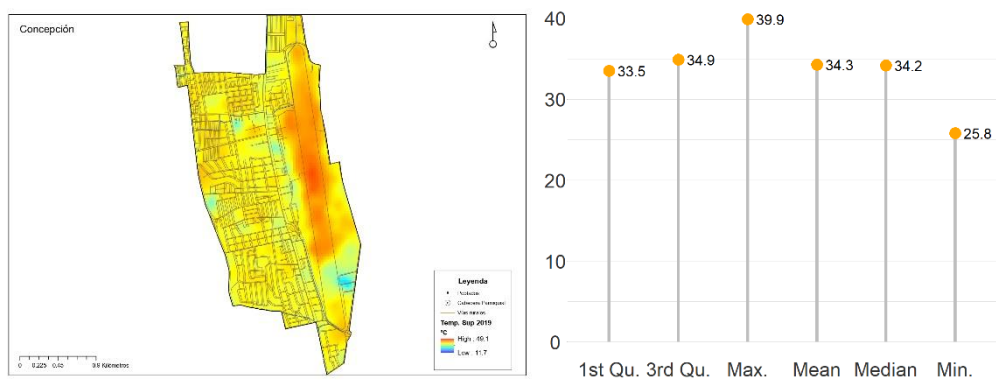


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

14. Concepción

En esta parroquia se observa que la mayor temperatura superficial se concentra en el Parque Bicentenario, sobre la pista del antiguo aeropuerto y Estación Multimodal Labrador, donde se registran temperaturas superficiales entre 36°C y 39°C. Se observa una baja de las temperaturas hacia el sector del Country Club de la FAE donde se registra una temperatura superficial de 25°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 36: Temperaturas superficiales Concepción



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

15. Conocoto

En la parroquia Conocoto, existe un punto de mayor temperatura superficial en la zona del barrio San José del Valle donde se registran valores de 41.6°C, también en el sector de la Universidad Internacional se registran valores entre los 36°C y 38°C; en el barrio Salvador Celi, se registra una temperatura superficial de 32°C.

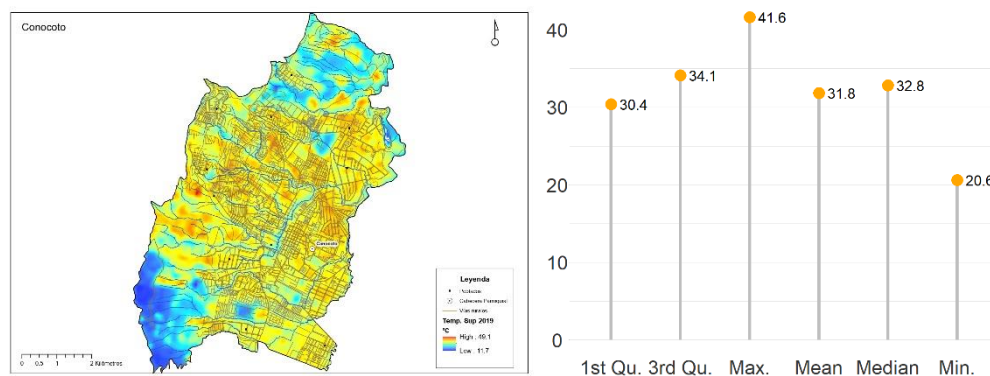
Otro sector que registra valores altos de temperatura superficial, corresponde a los barrios localizados alrededor del Parque Metropolitano de La Armenia, incluidos: Armenia, Los Arupos, la Chorrera, San Juan Armenia donde se registran valores que oscilan entre los 34°C y 38°C.

A lo largo la Autopista General Rumiñahui, principalmente en los sectores de Puerta del Valle, Nuevo Horizonte, Cabecera Central de Conocoto, se registran temperaturas superficiales que oscilan entre 33°C y 35°C. Así mismo los barrios de Bellavista, Ontaneda, La Giralda, registra valores de temperatura superficial entre 36°C y 38°C. También se observa un punto de alta concentración en el sector de Laderas del Valle, no obstante se debe a la presencia de suelo preparado para cultivo.

Por otra parte, se observa que las menores temperaturas superficiales se concentran en la zona del Parque Metropolitano de La Armenia y en un lote propiedad del Colegio La Salle, también se observa que existen bajas Ts sobre el Parque Metropolitano del Sur, donde los valores oscilan entre los 22°C y 24°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 37: Temperaturas superficiales Conocoto



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

16. Cumbayá

En la parroquia de Cumbayá se observa que en los barrios Pérez Pallares, Los Aromitos, se registran temperaturas superficiales que oscilan entre los 36°C y 38°C, sobre todo a lo largo de la calle Manuela Sáenz; también el barrio Santa Inés, a lo largo de la vía del mismo nombre, se registran temperaturas superficiales que bordean los 38°C.

También el barrio San Patricio, Auqui Chico, Yanazarapata localizados a lo largo de la calle Eloy Alfaro, registran temperaturas superficiales entre los 38°C y 43°C, no obstante, se observa que estas temperaturas se localizan sobre lotes con suelo desnudo o pastos cultivados.

En barrio Lumbisí, las temperaturas superficiales registradas están entre los 37°C y 40°C, donde el factor común es la presencia de procesos de consolidación donde se encuentran sectores con vivienda que alterna con lotes baldíos; de forma particular se observa que las zonas de mayor temperatura superficial se localizan sobre ejes viales de la calle Madrid, Jesús del Gran Poder, Zanjapata, Pedro Echeverría Terán. Hacia el eje de la calle Alfonso Lamiña, las temperaturas superficiales oscilan los 34°C.

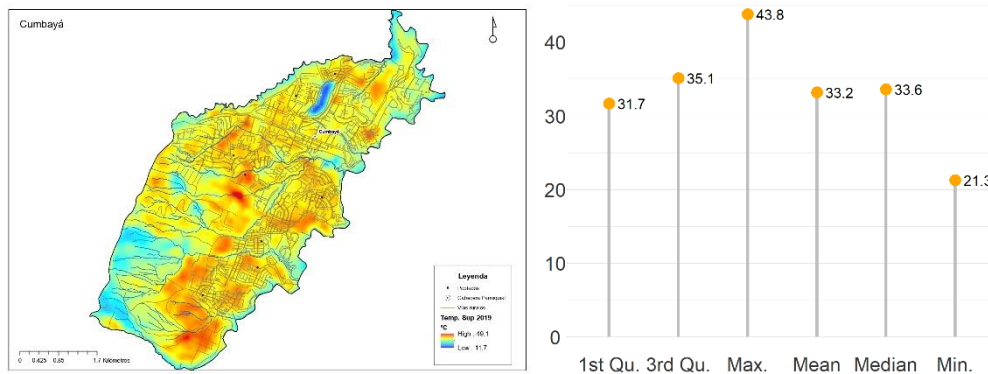
En el sector no consolidado de la parroquia Lumbisí, se observa que las temperaturas superficiales más altas se concentran en las zonas comprendidas entre las quebradas Cushquihuaycu y Ayalco, donde de acuerdo a la información del Atlas Ambiental del Quito, corresponde a vegetación arbustiva (arbustos secos), y pastos cultivados. En este sector no se observa que las zonas de quebradas reflejen temperaturas superficiales más bajas. En el barrio El Limonar se observa de igual manera, que se trata de zonas en proceso de consolidación, por lo que las temperaturas superficiales más altas registradas, se localizan sobre lotes baldíos con valores que oscilan entre los 33°C y 38°C. Ya en la zona consolidada sobre el eje de la calle Almería, se observa que la temperatura superficial se encuentra entre los 34°C y 35°C y una temperatura similar se registra en la calle Madrid.

En el sector de Auqui, San Francisco de Pinsha y Auqui Chico, las mayores temperaturas superficiales se concentran hacia la vía San Francisco de Pinsha y calle Río Santiago, con valores que van desde los 32°C a los 34°C. De igual manera, San Patricio refleja una temperatura superficial de 37°C debido a su proximidad con la Ruta Viva, lo propio ocurre con el barrio Colegio Alemán que presenta mayores temperaturas a medida que se aproxima hacia la vía Oswaldo Guayasamín (36°C). Para los barrios, San Juan, San Juan Alto y el Cebollar, se registran temperaturas superficiales que bordean los 33°C y 36°C, la temperatura de estos sectores se incrementa a medida que se aproximan hacia una vía de acceso.

Por otra parte, a lo largo de vía Oswaldo Guayasamín se observan sitios con picos altos de temperatura superficial, principalmente en: Barrio La Católica (Escalón Lumbisí), Urb. Santa Lucía, ingreso hacia la Primavera donde se registran valores entre 35°C y 37°C. Lo mismo ocurre sobre La Ruta Viva, donde existen picos altos de temperatura entre los 38°C y 40°C en los sectores de Auqui Chico, Rojas y Lomas de Cumbayá.

Las menores temperaturas superficiales se concentran sobre las quebradas del Río Machángara y quebrada del Río San Pedro, donde los valores oscilan entre los 25°C y 28°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

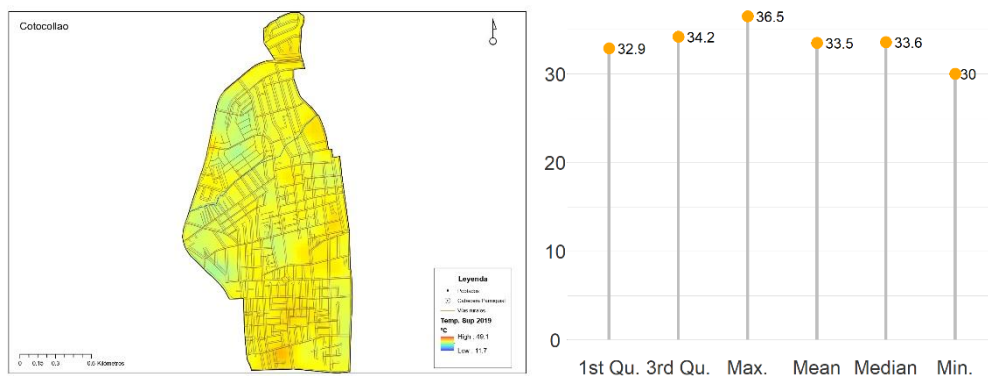
Figura 38: Temperaturas superficiales Cumbayá

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

17. Cotocollao

Para esta parroquia se observan temperaturas superficiales entre los 32°C y 34°C, su distribución es casi uniforme en el territorio y no se observan picos de temperaturas altas o bajas significativos. Los valores más altos de temperatura superficial se localiza en el barrio San Carlos, donde la temperatura superficial alcanza los 36°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 39: Temperaturas superficiales Cotocollao

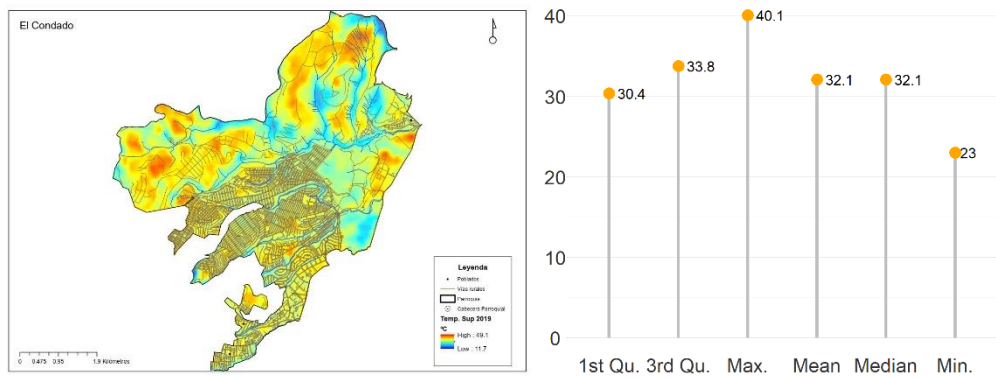
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

18. El Condado

En esta parroquia se analizó la zona urbana, donde se observó que el sector donde se encuentra la Escuela Militar Eloy Alfaro – Parcayacu, es el que presenta mayor temperatura superficial con valores que oscilan entre los 36°C y 38°C. En el sector de San Enrique de Velasco y San José Obrero también se observa altas temperaturas superficiales, con valores cercanos a los 35°C. Así mismo en el barrio Pisulí existen dos zonas con alta temperatura superficial, sin embargo se debe a la presencia de canchas deportivas, una localizada sobre la vía Clemente Yerovi, otra sobre la calle N82G y una tercera sobre la calle Oe20H.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se registran sobre las quebradas Grande, San Antonio, El Rancho, Parcayacu donde los valores se encuentran entre 25°C y 29°C; otro punto que con temperaturas bajas se encuentra en el sector del Quito Tennis y Golf Club. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 40: Temperaturas superficiales El Condado



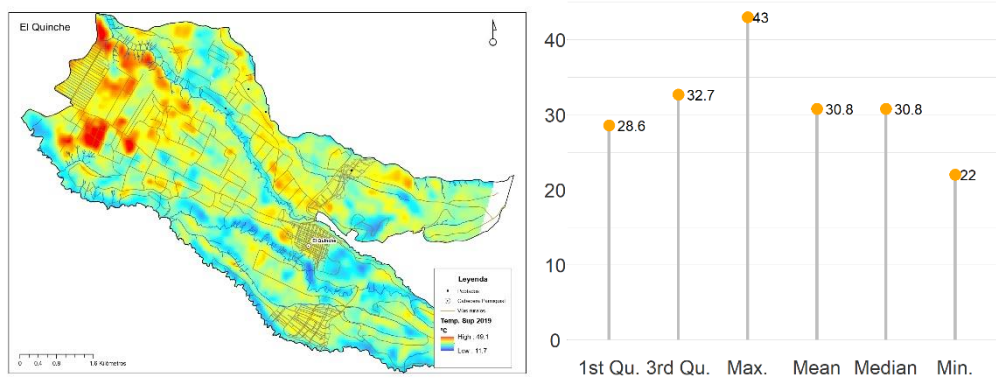
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

19. El Quinche

En la parroquia de El Quinche se observa que las mayores temperaturas superficiales se concentran en sectores no urbanizados con presencia de cultivos permanentes y semipermanentes ó a pastos cultivados, de acuerdo a la información del Atlas Ambiental 2016. Aquí se encuentran los barrios Santa Mónica, Bello Horizonte y Bello Horizonte 2da Etapa, donde las temperaturas superficiales oscilan entre los 41°C y 43°C.

En las zonas consolidadas, las temperaturas superficiales se encuentran entre los 31°C y 33°C. Las temperaturas superficiales más bajas en cambio, se concentran en los sectores de las quebradas con valores que oscilan entre los 24°C y 26°C; así mismo existen cubiertas cuyas temperaturas superficiales se encuentran entre los 26°C y 28°C principalmente invernaderos. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 41: Temperaturas superficiales El Quinche



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

20. Guamaní

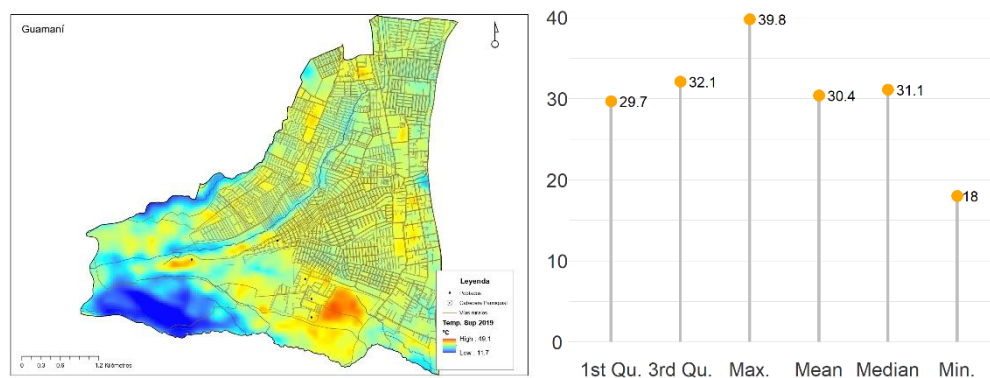
La parroquia de Guamaní presenta las mayores temperaturas superficiales sobre el eje de la calle Camilo Orejuela, desde el barrio Turubamba Monjas, hasta el barrio Tospamba, donde se registran valores entre los 31°C y 35°C, el mayor valor se registra en el barrio El Galpos (35°C) sobre tres lotes con suelo desnudo, así mismo se registran mayores temperaturas superficiales sobre el Camal de Guamaní, y un lote vacío en el barrio Nueva Aurora Vertientes del Sur, y dos lotes con suelo desnudo en los barrios Fudurna 3 y Fudurna 4, ambos frentistas hacia la calle Camilo Orejuela. De acuerdo a la información proveniente del Municipio de Quito, los barrios localizados sobre la calle Camilo Orejuela corresponden a barrios regularizados por la Unidad Especial Regula Tu Barrio.

Otro eje importante de Guamaní donde se observa las mayores temperaturas superficiales, es el eje de la Av. Mariscal Antonio José de Sucre y su prolongación sobre la calle Patricio Romero Barberis y calle OE94, especialmente en los barrios Guamaní Alto, San Fernando de Guamaní, Matilde Álvarez, así como El Rocío de Guamaní, donde se registran temperaturas superficiales entre los 32°C y 34°C. También el sector de La Victoria presenta alta temperatura superficial debido a un gran lote en proceso de lotización o fraccionamiento, en el cual se registra una temperatura de 39°C.

Las temperaturas superficiales más bajas por otra parte, se localizan sobre los sectores de las quebradas Monjas, Ugtupungo, y la quebrada Ortega que separa esta parroquia de La Ecuatoriana, donde se registran valores de temperatura superficial entre los 23°C y 26°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 42: Temperaturas superficiales Guamaní



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

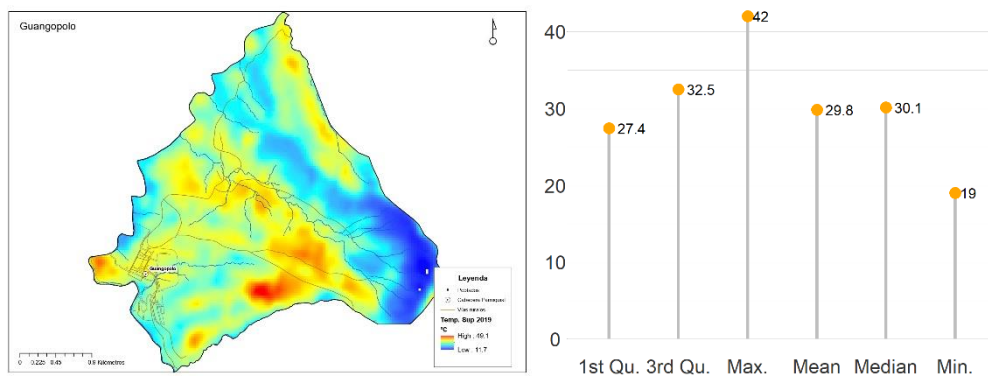
21. Guangopolo

En esta parroquia se observa que los sectores de mayor temperatura superficial se concentran en la cabecera, donde se registran temperaturas que oscilan entre los 33°C y 34°C; adicionalmente en el sector de la Toglla se registran temperaturas superficiales que oscilan entre los 34°C y 36°C, este corresponde a un sector con suelos cultivados alternado con viviendas. Existe un pico de calor (42°C) en el sector de Soria Loma en la parte alta del

Ilaló, sin embargo esto se debe al reflejo de una nube, no obstante en el mismo barrio Soria Loma en el sector localizado junto a la quebrada Agua Caliente sobre la vía E3C, se registran temperaturas entre los 32°C y 35°C.

Las temperaturas superficiales más bajas se registran en las zonas de quebradas como la Quebrada Ilaló, Quebrada Basabamba y Quebrada Punguhuaycu, donde se registran temperaturas superficiales que oscilan entre los 26°C y 30°C. Adicionalmente, en la cima del Ilaló en el sector localizado entre la Quebrada Aguas Calientes y la Quebrada Basapamba, se registran valores entre 24°C y 26°C, esto debido a que se trata de vegetación natural (arbustos húmedos) de acuerdo con la información de Atlas Ambiental 2016. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 43: Temperaturas superficiales Guangopolo



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

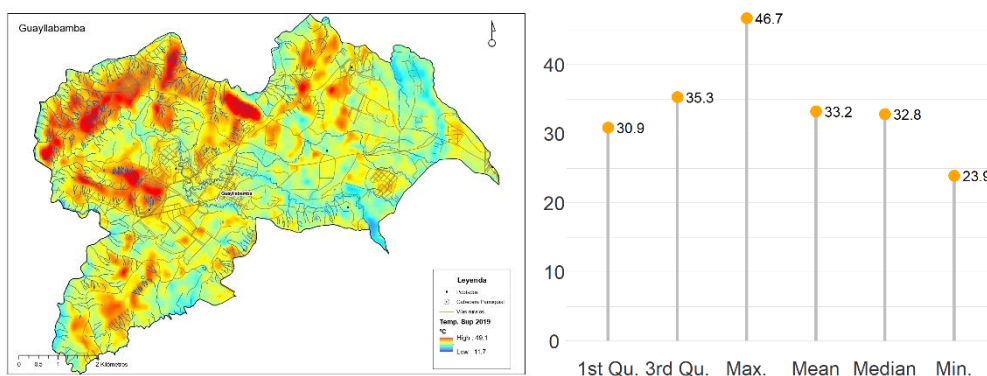
22. Guayllabamba

Se observa que las mayores temperaturas superficiales se localizan en el barrio Pueblo Viejo, donde se observa procesos de consolidación. También en el sector de La Sofía, San Juan y Bellavista se observan picos altos de temperatura superficial con valores que oscilan entre los 43°C y 45°C, debido a la presencia de arbustales secos interandinos, de acuerdo a la información del Atlas Ambiental 2016 del Municipio de Quito.

Las temperaturas superficiales más bajas se localizan a lo largo de la quebrada Chiytayacu, Quebrada Monteserrín, Quebrada El Quinche y Río Coyago. Las zonas consolidadas de Guayllabamba presentan temperaturas superficiales que oscilan entre los 32°C y 34°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 44: Temperaturas superficiales Guayllabamba



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

23. Ñaquito

Los sectores de mayor temperatura superficial dentro de esta parroquia, se registran sobre el polígono formado por las Av. Naciones Unidas, Av. 6 de Diciembre, Av. Gaspar de Villaroel y Av. 10 de Agosto, así como el sector del Estadio Olímpico Atahualpa y barrio El Batán, donde se registran temperaturas superficiales que oscilan entre los 32°C y 34°C. Caso particular se registra sobre el predio donde se localiza el Centro Comercial Quicentro Shopping que registra una temperatura superficial más baja con un valor de 28°C.

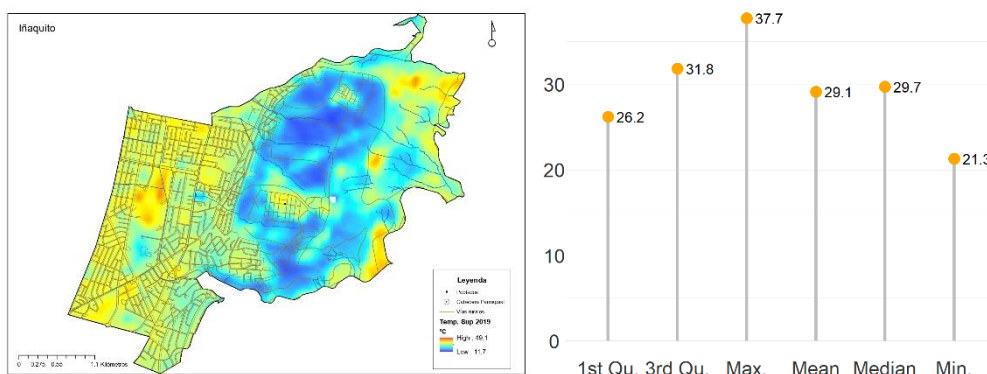
Así mismo, en el polígono formado por las Av. Naciones Unidas, Av. Amazonas, Av. Francisco de Orellana y Av. 10 de Agosto, se registran altas temperaturas superficiales, con valores entre los 32°C y 34°C; y los barrios La Colón, La Pradera y Batán Bajo donde se registran temperaturas superficiales entre 30°C y 33°C. En cuanto al parque La Carolina, se identifican dos sectores, uno norte donde se localizan sobre todo las canchas deportivas en la que se registran temperaturas superficiales más altas con valores entre 35°C y 37°C; y la zona sur del parque donde se encuentran el Jardín Botánico y laguna artificial, que registra valores entre 27°C y 29°C.

Por otra parte, el polígono localizado entre las Av. Naciones Unidas, Av. De Los Shyris, Calle Catalina Aldáz, Av. Eloy Alfaro y calle Manuel María Sáenz (excluyendo el Estadio Olímpico Atahualpa) registra temperaturas superficiales más bajas, con valores entre los 28°C y 30°C.

Los barrios con temperaturas superficiales más bajas son: Jardines del Batán, El Batán, Batán Alto, Bellavista, González Suárez, La Paz, donde se registran temperaturas superficiales que van entre los 28°C y 30°C los cuales se encuentran además muy próximos al Parque Metropolitano. Este parque registra una temperatura superficial entre los 22°C y 24°C con excepción de los sectores donde se encuentra la planta de tratamiento de la EPMAPS y la Comuna Miraflores, donde la temperatura superficial bordea los 32°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 45: Temperaturas superficiales Iñaquito



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

24. Itchimbía

La parroquia Itchimbía se conforma de dos zonas: La primera que se encuentra en la zona urbana de Quito, y la segunda sobre zonas de protección.

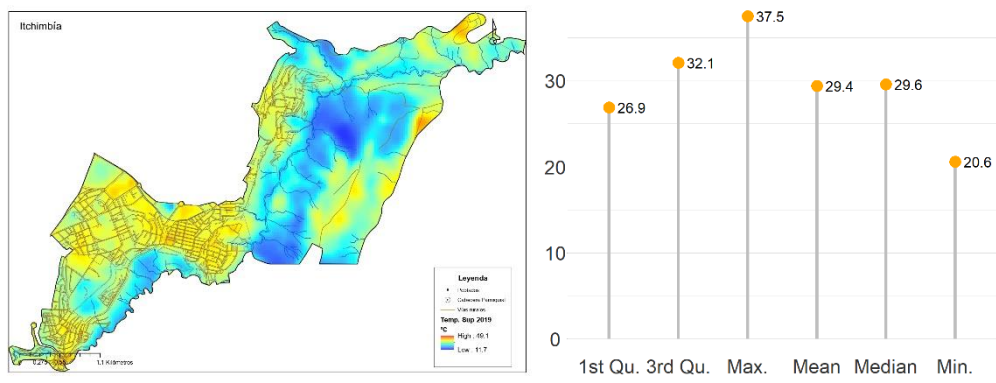
Para la zona urbana, los sectores de mayor temperatura superficial se concentran en el sector de La Vicentina, concretamente en el sector de la Pista Los Chasquis, Estadio de la Vicentina, Colegio Manuel Córdova Galarza, Hospital Dermatológico Gonzalo González y Subestación Eléctrica La Vicentina propiedad de CELEC en el barrio Santa Lucía; en estos sectores se registran temperaturas superficiales que oscilan entre los 33°C y 35°C.

De igual manera, en el sector de la Casa de la Cultura, Iglesia El Belén, Asamblea Nacional, barrio El Dorado, Maternidad Isidro Ayora e Instituto Geográfico Militar, las temperaturas superficiales oscilan entre los 33°C y 35°C.

Adicionalmente, se observa que a lo largo de la calle Ríos en dirección hacia la Av. Pichincha, se registran temperaturas superficiales que bordean los 29°C, este sector se conecta con la zona de protección del Río Machángara en la zona de El Censo. Para la zona inscrita dentro de la zona Protección Itchimbía, Protección Monjas, las temperaturas superficiales oscilan entre los 22°C y 26°C, las cuales corresponden a las zonas de protección del Río Machángara. Finalmente, la zona donde se encuentra los antiguos molinos El Censo, registra una temperatura superficial de 28°C. El valor más alto de temperatura superficial (37°C) se localiza sobre el redondel de acceso hacia San Patricio, sobre la Av. Simón Bolívar

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 46: Temperaturas superficiales Itchimbia



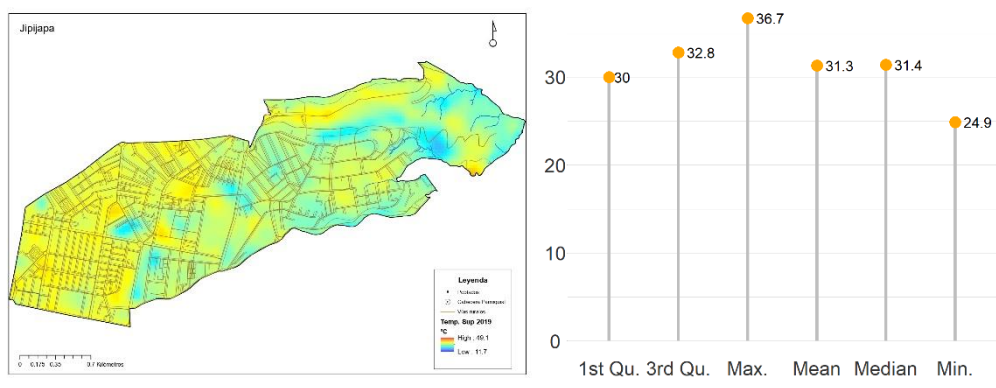
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

25. Jipijapa

En la parroquia de Jipijapa las mayores temperaturas superficiales se registran en los barrios Jipijapa, San José del Inca, Zaldumbide y Batán Bajo, con valores promedio de 34°C; así mismo en el barrio Las Bromelias se registra una temperatura superficial más alta, que bordea los 31°C. También se observa temperaturas superficiales más altas a lo largo de la Av. Las Palmeras, desde el redondel de Zámbriza hasta el redondel de la Av. El Inca, principalmente en el sector de la Estación de Transferencia de EMGIRS-EP, donde se registran valores promedio de 33°C. Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se registran en la parte baja de la ladera de Monteserrín y Campo Alegre y a lo largo de la quebrada Jatunhaycu, donde se registran valores entre 24°C y 27°C. También se registran temperaturas superficiales más bajas en los barrios Batán y El Inca 1, con un valor promedio de 31°C. De la misma manera en la Av. 6 de Diciembre Río Coca en la zona donde se localiza la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, se registra una temperatura superficial de 26°C, así como el sector comprendido entre la Av. 6 de Diciembre entre Río Coca y Granados lado occidental donde se registran valores entre 27°C y 30°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 47: Temperaturas superficiales Jipijapa



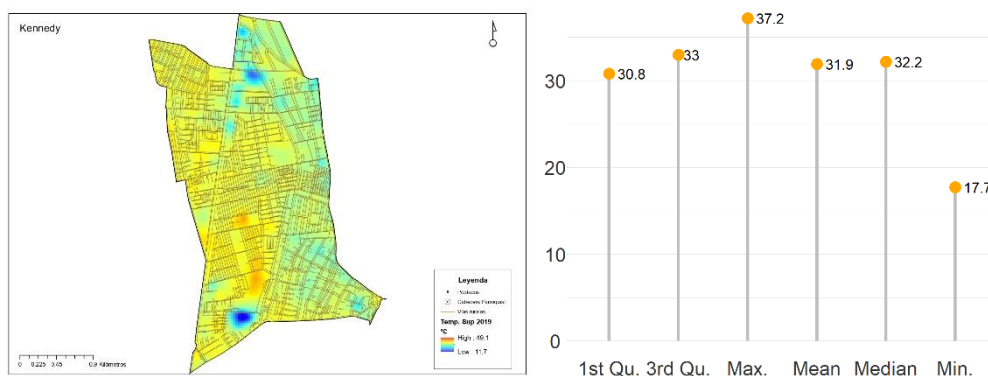
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

26. Kennedy

Las mayores temperaturas superficiales se concentran en los barrios La Luz y Las Acacias, principalmente sobre el Colegio Técnico Don Bosco y el sector donde se ubican las bodegas de Lanafit, Mercado La Luz, donde se registran valores entre los 35°C y 37°C. Por otra parte, se observan sectores con temperaturas superficiales más bajas en el barrio Cofavi, Lucía Albán, Baker y Nazareth, en los predios donde se localiza las fábricas de Hyundai, Servientrega - Centro Logístico, Star Motor, Bodegas de Orve Hogar, Concesionario Mercedes Benz, Supermaxi de la Av. Galo Plaza Lasso, las temperaturas superficiales registradas en estas zonas oscilan entre 27°C y 28°C, con excepción de la Bodega de Orve Hogar que registra una temperatura de 22°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 48: Temperaturas superficiales Kennedy

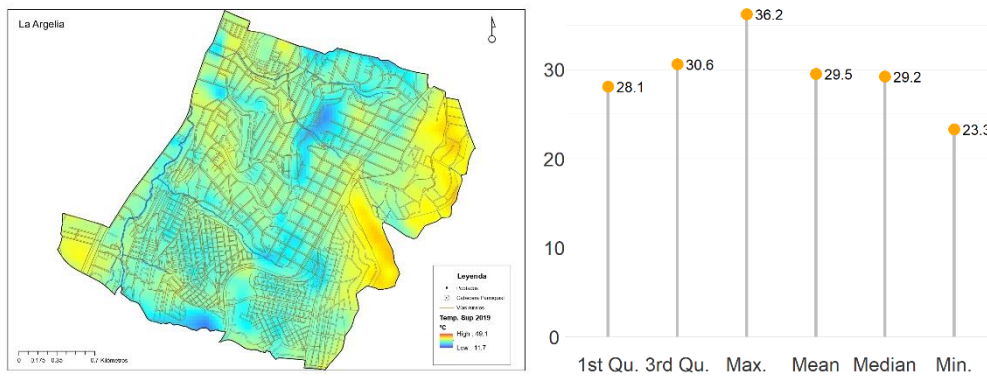


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

27. La Argelia

La temperatura superficial promedio de La Argelia, está entre los 27°C y 30°C. El sector con temperatura superficial más baja se encuentra en el barrio La Lucha de Los Pobres, donde se registra 25°C. Únicamente en los sectores de San Bartolo Alto, Guajaló y Bugarín, cerca de la Av. Simón Bolívar, se registran temperaturas superficiales más altas, observándose valores que oscilan entre los 34°C y 36°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 49: Temperaturas superficiales La Argelia



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

28. La Ecuatoriana

Para la parroquia de La Ecuatoriana, se observa que las mayores temperaturas superficiales se registran sobre las laderas del Pichincha Atacazo donde el límite urbano se caracteriza por la presencia de cultivos de ciclo corto por lo que el suelo preparado presenta una alta reflectancia y producto de ello se registran temperaturas superficiales entre 35°C y 38.6°C.

Ya en la zona consolidada, los barrios San Francisco de Huarca, Protección Ecuatoriana, Las Orquídeas, San Francisco Sur y La Ecuatoriana, son las zonas que presentan las mayores temperaturas superficiales, con valores que oscilan entre 32°C y 35°C. Para el caso de San Alfonso y Manuela Sáenz, las mayores temperaturas se concentran sobre el eje de las calles S54, Oe96E donde se ubica un barrio regularizado por la Unidad Especial Regula Tu Barrio y donde se observa que existe suelo desnudo para cultivo, la temperatura superficial registrada en esos barrios es de 34°C.

Las temperaturas superficiales más bajas se concentran en la quebrada Ortega, donde se registran 23°C y en los barrios La Merced, San Francisco Sur y 2 de Febrero, donde se registran valores que bordean los 29°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 50: Temperaturas superficiales La Ecuatoriana



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

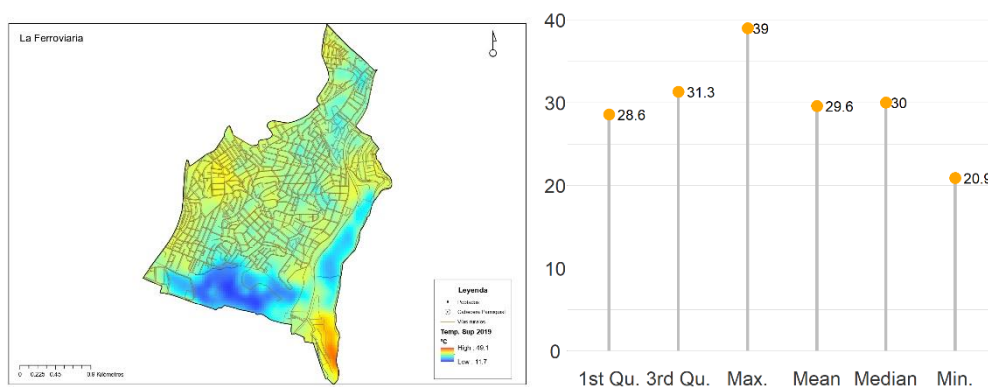
29. La Ferroviaria

La parroquia Ferroviaria se caracteriza por presentar en su mayoría temperaturas superficiales más bajas que las demás parroquias, pues la temperatura promedio registrada oscila entre los 27°C y 29°C. El barrio de mayores temperaturas es Ferroviaria Baja que registra una temperatura superficial de 33°C sobretodo alrededor de la Iglesia del Barco y parque Las Mallas y Estación de Bomberos.

El sector con menores temperaturas superficiales se localiza sobre el Fuerte Militar Epicachima donde se registran valores entre 21°C y 23°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 51: Temperaturas superficiales La Ferroviaria



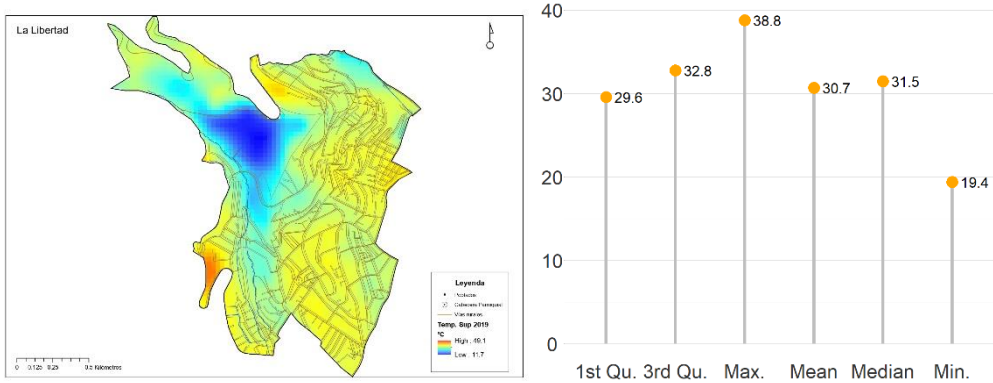
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

30. La Libertad

En la parroquia La Libertad, las mayores temperaturas superficiales se concentran principalmente en los barrios Santa Lucía Alta, Yahuachi y La Colmena Alta, donde se registra un valor de 33°C. Las zonas con temperaturas superficiales más bajas, se localizan en el barrio Josefina Enríquez, así como a lo largo de la quebrada Navarro donde se registra un valor de 28°C. En esta parroquia existen dos puntos de extremos de temperatura superficial: Un pico de temperatura alto localizado en el barrio Jesús del Gran Poder, donde se registran valores superiores a los 38°C; por otra parte se observa una isla fría en el barrio Nueva Aurora, donde las temperaturas superficiales bordean los 18°C, que corresponde a una zona de bosque de eucalipto de acuerdo al Atlas Ambiental de Quito.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 52: Temperaturas superficiales La Libertad



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

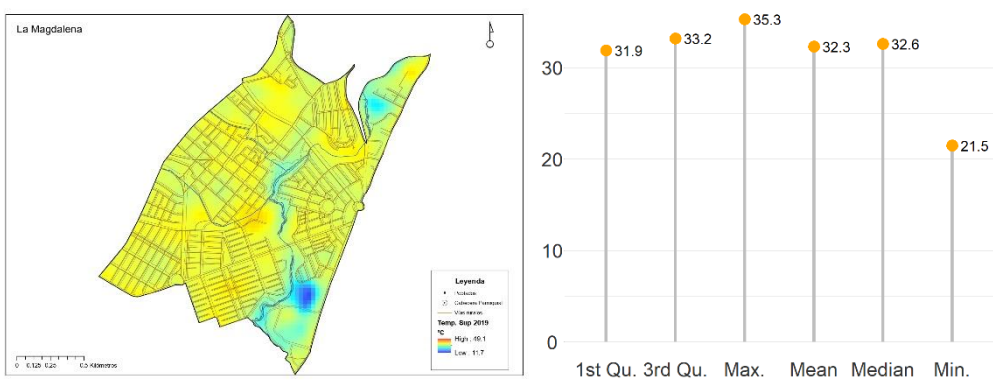
31. La Magdalena

En la parroquia La Magdalena, la temperatura superficial se presenta de manera casi homogénea, registrándose valores entre 33°C y 35°C. Los sectores de mayor concentración de temperatura superficial, se localizan a lo largo de la vía 5 de Junio desde la calle Miller hasta la Av. Alonso de Angulo y a lo largo de la Av. Rodrigo de Chávez desde la Av. Mariscal Antonio José de Sucre hasta la Av. Pedro Vicente Maldonado, y sobre el eje de la vía José Iturralde donde se registran temperaturas superficiales entre 33°C y 34°C.

El único sector que presenta temperaturas superficiales más bajas, es el localizado sobre la quebrada del río Machángara que divide los barrios de La Villaflora con La Magdalena, sector de la denominada Concha Acústica, no obstante, sobre esta misma quebrada hacia el sector del barrio Santa Ana, se observa una temperatura superficial promedio de 34°C. También se observa que el Centro Comercial El Recreo presenta una temperatura de 21°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 53: Temperaturas superficiales La Magdalena



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

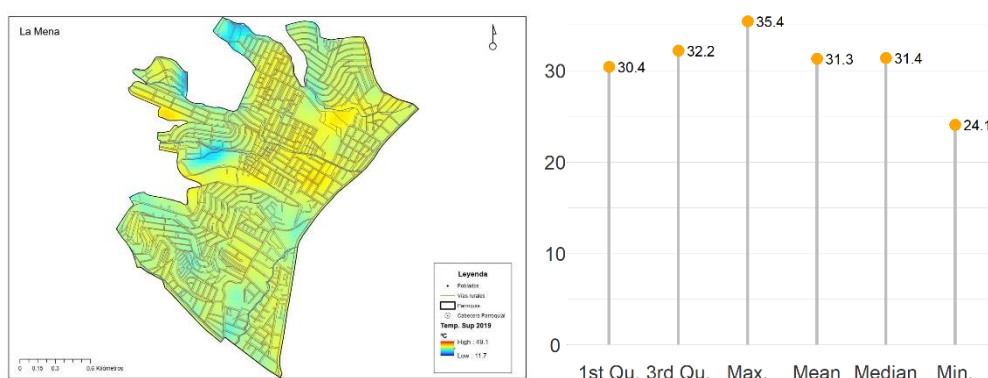
32. La Mena

La parroquia La Mena presenta en su mayoría temperaturas más bajas que en el resto de la ciudad, pues su temperatura oscila entre los 28°C y 30°C, esta parroquia se encuentra atravesada por las quebradas Reino de Quito, La Raya Sur y Río Grande.

El sector de mayor temperatura superficial se presenta en el barrio 10 de Junio y Combatientes, donde las temperaturas superficiales promedio son de 34°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 54: Temperaturas superficiales La Mena



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

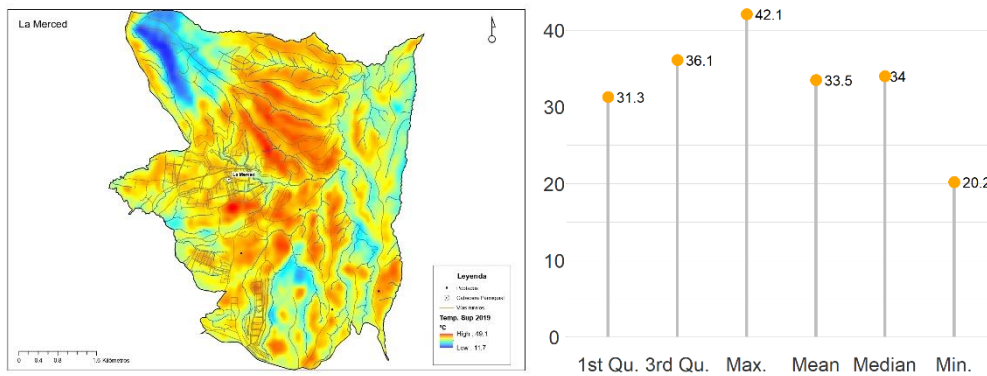
33. La Merced

En esta parroquia, las mayores temperaturas superficiales se concentran principalmente en la cabecera de la parroquia, donde se registra valores que oscilan entre los 34°C y 36°C. No obstante, los picos más altos de temperatura superficial se producen en suelos con pastos cultivados o en sectores con cultivos de ciclo corto, que se localizan sobre la parte baja de las laderas del Ilaló cerca de la cabecera de la parroquia, donde la temperatura superficial oscila entre 42°C y 46°C.

Adicionalmente en el sector de Casachupa, y Billivaro en las laderas orientales del Ilaló, se observa que también existen altas temperaturas superficiales, debido principalmente a la presencia de arbustales secos interandinos, y suelos desnudos de origen antropogénico, de acuerdo con la información del Atlas Ambiental de Quito 2016, en estos sectores, la temperatura registrada bordea los 42°C. En el sector del Huangal, en la cima del Ilaló y de acuerdo a la información del Atlas Ambiental de Quito 2016, se presentan bosques y áreas seminaturales, bosques húmedos, arbustos húmedos principalmente, en las que se observan islas frías donde las temperaturas superficiales oscilan entre 20°C y 25°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 55: Temperaturas superficiales La Merced



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

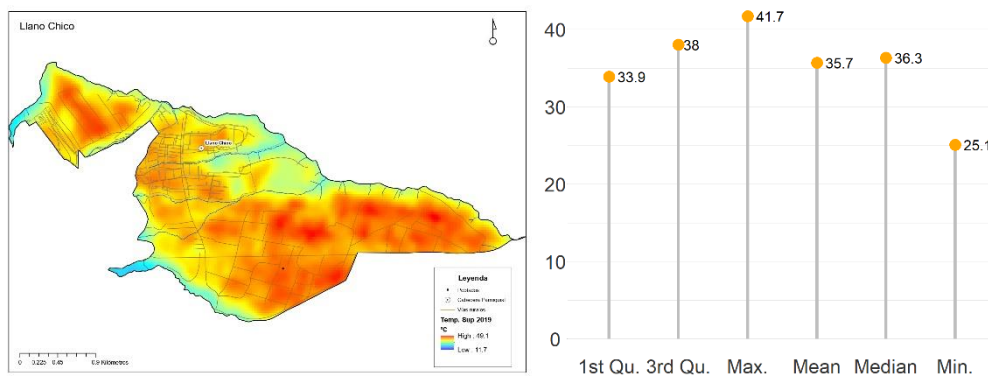
34. Llano Chico

Para Llano Chico, se observa que las temperaturas superficiales más altas se concentran en los sectores donde predomina vegetación natural, principalmente arbustos secos interandinos, especialmente en el sector de Carmen Bajo, donde la temperatura superficial bordea los 40°C. Por otra parte, en los sectores de Alvaropamba, Central, San Miguel de Cocotog, La Dolorosa, se registra una temperatura superficial entre 39°C y 41°C, que corresponde a zonas en proceso de consolidación donde se observa vivienda que alterna con pastos cultivados.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas, se concentran hacia los sectores de las quebradas: San Antonio, Seca, El Milagro, Angarrachaca, Chaquiscahuaycu, Pugyupapa y quebrada Gualo que marca el límite con la parroquia Zámbez, donde los valores oscilan entre los 25°C y 29°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 56: Temperaturas superficiales Llano Chico



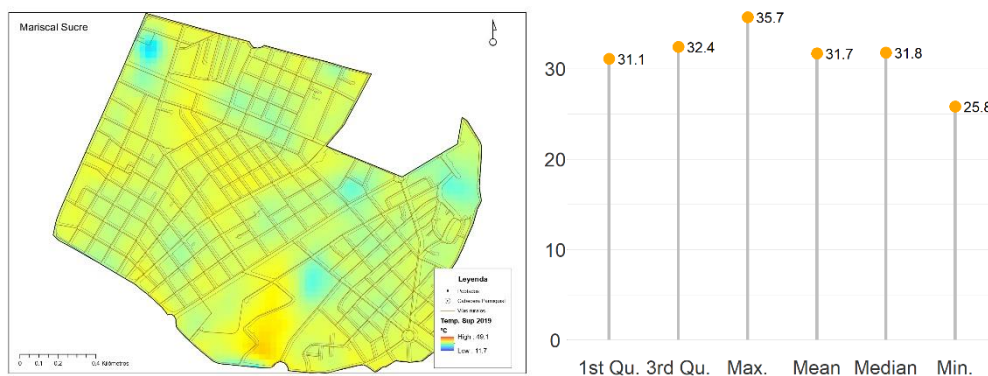
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

35. Mariscal Sucre

Las mayores temperaturas superficiales se concentran en el polígono comprendido entre la Av. 6 de Diciembre, Luis Cordero, Av. 9 de Octubre y calle Baquedano, donde se registran 35°C, también se registran altas temperaturas superficiales en los predios donde se localiza la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad Católica donde se registran valores entre 31°C y 33°C. Las temperaturas superficiales más bajas por otra parte, se localizan en el barrio La Floresta, principalmente en los sectores localizados a lo largo de las calles Andalucía, Pontevedra, Toledo, Valladolid, Av. Julio Zaldumbide, Francisco Salazar, donde se registran temperaturas superficiales bordean los 30°C. El punto de temperatura superficial más bajo se localiza sobre la cubierta del taller de Quito Motors, en la Av. 10 de Agosto.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 57: Temperaturas superficiales Mariscal Sucre

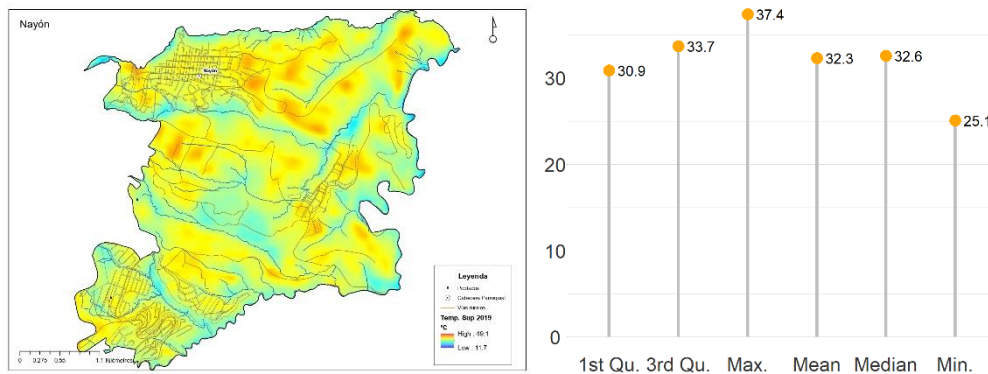


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

36. Nayón

La parroquia de Nayón se encuentra atravesada por un sistema de quebradas que la divide en tres sectores: El primero, donde se localiza la cabecera parroquial en el que se registran temperaturas superficiales de 34°C, y el barrio Santa Rosa del Valle donde se registran temperaturas superficiales de 36°C, este último se caracteriza por tener vivienda alternada con presencia de terrenos preparados para cultivos o pastos cultivados. El segundo sector, se compone de los barrios de Guayraloma, Tacuri, Valle de Nayón, Congreso Nacional, Inchapicho y San Vicente de Tanda, donde se registran temperaturas superficiales que oscilan entre 32°C y 37°C en el cual se observan procesos de consolidación. El tercer sector, que comprende los barrios de Miravalle, San Francisco de Tanda, Valle 2 y Tacuri, donde se registran temperaturas superficiales que oscilan entre 34°C y 35°C.

Las zonas donde se registra menor temperatura superficial, se localizan sobre las zonas de las quebradas, con temperaturas entre 25°C y 29°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 58: Temperaturas superficiales Nayón

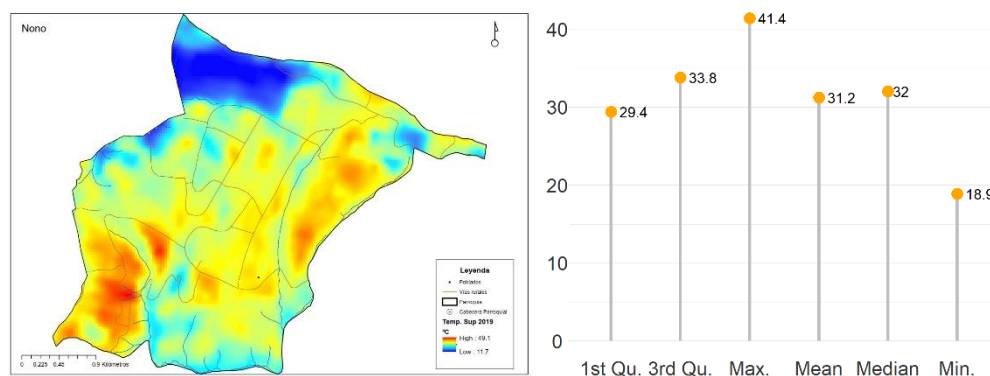
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

37. Nono

La parroquia de Nono se consideró dentro del análisis por localizarse en el límite con las zonas consolidadas de Quito, no obstante la cabecera central de la parroquia no fue incluida en el estudio por localizarse en zona rural y por observarse que no han existido procesos importantes de consolidación alrededor de la cabecera. En este sentido, se observa que para la zona analizada, las zonas donde se concentra la mayor temperatura superficial, se localizan en dos áreas del sector conocido como Hacienda Cachuqui Alarcón, donde las temperaturas superficiales oscilan entre los 35°C y 37°C y donde se observan procesos de fraccionamiento de terrenos; adicionalmente en el sector de Las Tenerías, la temperatura superficial registrada, oscila entre los 37°C y 40°C, no obstante, de acuerdo al mapa de cobertura vegetal del Atlas Ambiental 2015 de Quito, se trata de áreas cultivadas.

Por otra parte, se observa que en el sector de Catzuqui de Moncayo, las temperaturas superficiales oscilan entre los 32°C y 37°C donde se identifican zonas en proceso de consolidación y zonas de áreas cultivadas.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 59: Temperaturas superficiales Nono

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

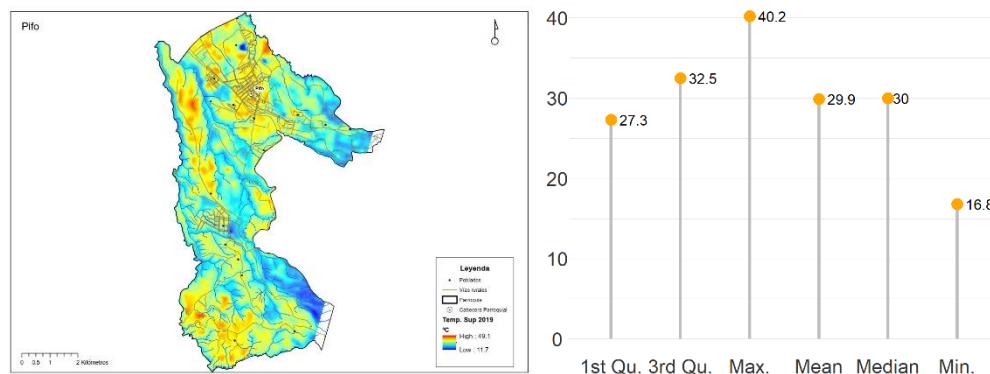
38. Pifo

Las mayores temperaturas superficiales se concentran sobre los ejes de la E35 y la E20 en los barrios Primavera Centro, San Francisco 2 en el que los valores oscilan entre los 30°C y 32°C. En los barrios Chaupimolino, Amazonas y Libertad de Pifo, se observan picos altos de temperatura superficial que oscilan entre los 35°C y 40°C, no obstante, éstas se concentran en terrenos baldíos, donde – de acuerdo a la información del Atlas Ambiental 2016 de Quito– corresponde a cultivos permanentes y semipermanentes, observándose también suelos desnudos.

Las menores temperaturas superficiales se registran sobre las zonas de quebrada con valores que oscilan los 24°C, también se observa que algunas cubiertas reflejan temperaturas baja como en el caso de la Hacienda Santa Fe, Finca Valle Flor, donde las temperaturas superficiales de las cubiertas registran valores entre los 24°C y 25°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 60: Temperaturas superficiales Pifo



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

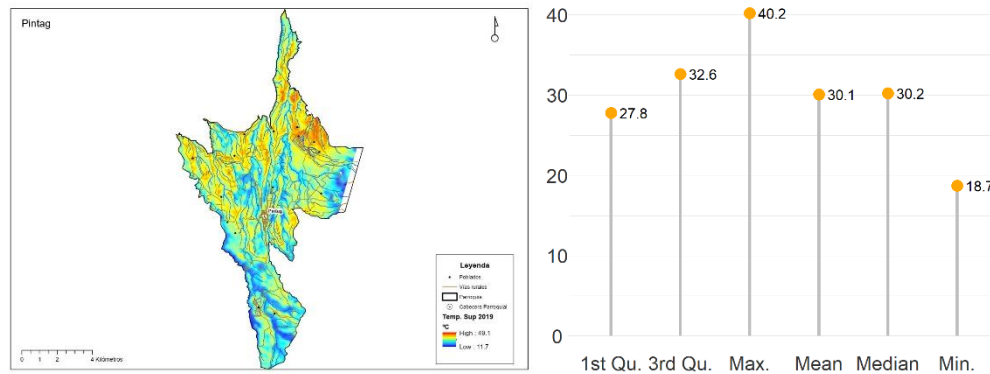
39. Pintag

En la parroquia de Pintag, se observa que las mayores temperaturas superficiales, se localizan a lo largo de las vías de acceso, es así que en las vías Pintag y Antisana y en el sector del parque central de Pintag, sobre la calle Párroco Riofrío y la calle Caldas, los valores de temperatura superficial se registran entre los 32°C y 33°C. Así mismo el barrio Jardines de Yurac, la temperatura superficial registrada bordea los 33°C. Adicionalmente, en el ingreso a la parroquia en los barrios El Rosario, El Batán, San Juan de Tola, se observa que la temperatura superficial oscila entre los 34°C y 36°C. En los barrios Tolontag y El Marco se registra temperaturas superficiales entre los 38°C y 40°C, de acuerdo al Atlas Ambiental 2016 de Quito, estos sectores tienen una alta presencia de cultivos de ciclo corto.

Se observa también que a lo largo de la vía principal, en dirección hacia el Antisana - la cual atraviesa los barrios Cedrón de Pintag, Hortaleg- la temperatura superficial registra valores entre 29°C y 31°C. Las zonas con temperaturas superficiales más bajas, se presentan sobre las zonas de quebrada con valores que van desde los 24°C a los 26°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 61: Temperaturas superficiales Pintag



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

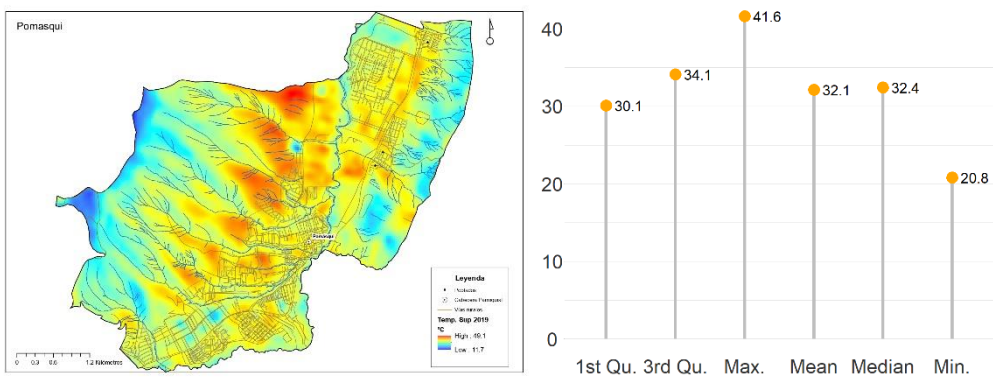
40. Pomasqui

Las mayores temperaturas superficiales en Pomasqui, se registran en sectores con presencia de suelo desnudo de origen antropogénico sobre las laderas del cerro Casitagua, donde los valores oscilan entre los 37°C y 41°C. En la zona urbana, las temperaturas superficiales se concentran sobre la Av. Manuel Córdova Galarza, principalmente desde la Calle García Moreno, hasta CEMEXPO, donde se observa una temperatura superficial que oscila entre los 34°C y 36°C. También se observa valores altos a lo largo de la calle Eloy Alfaro.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas, se encuentran sobre las zonas del Río Monjas, y Country Club de la Liga Deportiva Universitaria, también existen otras zonas con presencia de herbazal seco poco alterado, que presentan temperaturas más bajas con un promedio de 26°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 62: Temperaturas superficiales Pomasqui



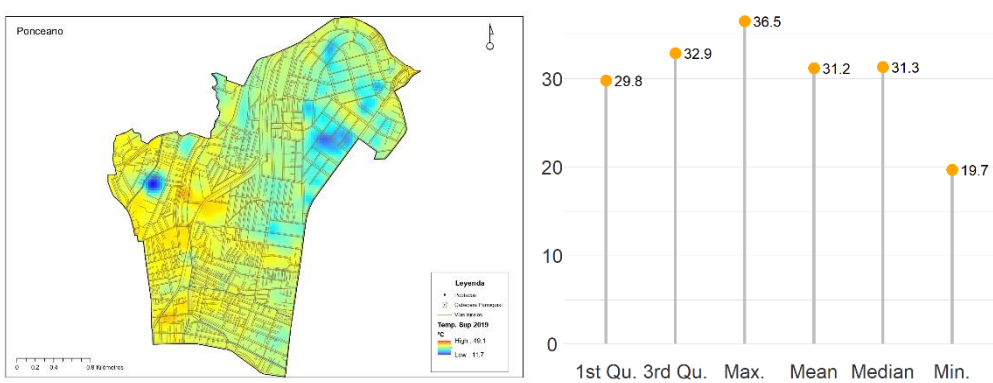
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

41. Ponceano

En el sentido sur-norte, las mayores temperaturas superficiales se concentran a lo largo de la Av. Diego de Vásquez, desde la Av. Del Maestro hasta el Barrio El Rocío, incluido el Estadio de Liga Deportiva Universitaria; y sobre de Av. John F. Kennedy desde la Av. Del Maestro hasta la Av. Mariscal Antonio José de Sucre, donde se registra una temperatura superficial que oscila entre los 33°C y 36°C. En el sentido oeste-este, se observa que las mayores temperaturas superficiales se concentran sobre la calle De Los Eucaliptos desde el mercado de La Ofelia, hasta la Av. Galo Plaza Lasso, incluyendo el cementerio Parque de Los Recuerdos, donde se registran valores que oscilan entre 32°C y 34°C.

Un caso particular se registra sobre el predio donde se localiza el Centro Comercial Condado Shopping, en el que se observa una disminución de la temperatura superficial, registrando un valor de 27°C, así como en el predio donde se sitúa el Centro Comercial del Muchacho Trabajador que registra una temperatura superficial de 19°C. Lo propio ocurre en el barrio Marisol, en la zona comprendida entre la Av. Galo Plaza Lasso y Juan Berrezueta, caracterizado por un alta presencia de fábricas y bodegas, donde se registran temperaturas superficiales entre los 23°C y 26°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 63: Temperaturas superficiales Ponceano



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

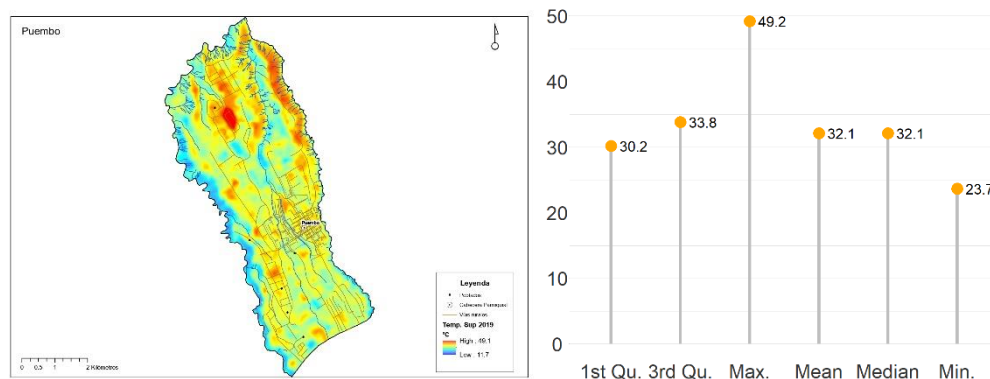
42. Puembo

Las mayores temperaturas superficiales se localizan a lo largo de las vías de acceso a la parroquia, principalmente las vías Hermanos Bauer, Urcesino Lucas Baquero, y Manuel Burbano, en las que se observan temperaturas superficiales que bordea los 34°C.

También existen picos de temperatura superficial alta hacia los sectores de Hacienda Nápoles, Arrayanes, San Pedro del Chiche, Las Peñas, Libertad de Puembo, Santa Rosa de Puembo, Santa Rosa de Mangahua, en el que los valores oscilan entre 35°C y 38°C. El mayor pico de temperatura superficial alta, se localiza sobre los invernaderos de bella Flor Group, donde el valor registrado es de 49.2°C. También otro punto de alta Ts se encuentra en la margen izquierda del Río Gumabi, sobre la vía Pronaca, en el que se registran valores entre 36°C y 37°C. Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas, se localizan sobre las quebradas del Río Chiche y Río Guambi, donde se registran valores que oscilan entre los 25°C y 26°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 64: Temperaturas superficiales Puembo



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

43. Puengasí

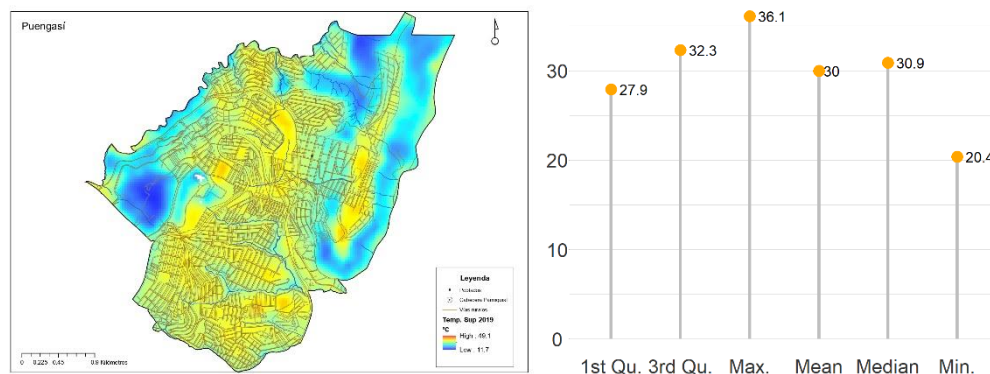
Al igual que en el caso de la parroquia Itchimbía, la parroquia Puengasí se conforma de una zona en el área urbana y una segunda zona se encuentra dentro de zonas de protección.

Para el caso de la zona urbana, las temperaturas oscilan entre los 32°C y 36°C, con ligeros descensos de temperatura a medida que se aproxima hacia las zonas de quebrada.

En el caso de las zonas de protección, se observan islas frías con temperaturas superficiales que oscilan entre los 22°C y 24°C localizadas sobre la quebrada del Río Monjas y su zona de protección, incluido el sector de El Censo y la zona conocida como Loma de Puengasí próximo a la Planta de tratamiento de la EPMAPS.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 65: Temperaturas superficiales Puengasí



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

44. Quitumbe

En la parroquia de Quitumbe se observa que la quebrada del Río Machángara divide la parroquia en dos zonas en términos de temperatura: La primera zona localizada entre la Av. Mariscal Antonio José de Sucre y la quebrada del Río Machángara; y la segunda zona entre la quebrada del Río Machángara y Av. Simón Bolívar.

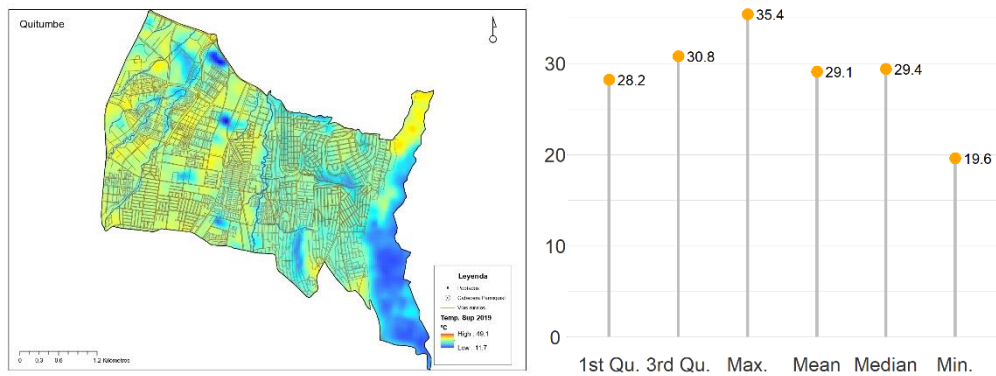
En la primera zona, en el sector donde se ubica la sede sur de la Politécnica Salesiana, así como la pista e instalaciones de FUNDEPORTE y la fábrica de EDESA, se registran temperaturas superficiales entre 32°C y 34°C. También se observa que existen mayores temperaturas a lo largo la Av. Rumichaca Ñan, desde la Av. Morán Valverde hasta la Av. Guayanay Ñan, donde se registran valores entre los 32°C y 35°C; así mismo la Av. Quitumbe Ñan registra mayor temperatura superficial entre las Av. Amaru Ñan y Cóndor Ñan con valores de 31°C; así como en el barrio La Balvina, se observa una concentración de calor con 31°C; también en la zona de Confiteca que registra 30°C donde se localiza también la Plataforma Sur. Además, se observan mayores temperaturas superficiales sobre el Terminal Terrestre de Quitumbe, así como el sitio donde se construye la Estación del Metro de Quito, en los cuales se registran 32°C de temperatura superficial. Finalmente en el barrio Pueblo Solo Pueblo, se registra una temperatura superficial de 31°C.

Por otra parte, se observa que el sector donde se localiza el Quicentro Shopping Sur, presenta una temperatura superficial de 19°C, y las zonas donde se encuentran las quebradas Rumicucho Borbón, Ortega, Shanshayacu, El Capulí, se registran valores que oscilan entre los 25°C y 28°C.

En la segunda zona, comprendida entre la quebrada del Río Machángara y la Av. Simón Bolívar, incluido el Parque Metropolitano del Sur, se observa que las temperaturas superficiales son más bajas, registrándose valores que van entre los 25°C y 28°C. Los únicos sectores que presentan valores más altos, corresponde a los barrios San Martín de Porras y Pueblo Unido donde se registra un valor promedio de 30°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 66: Temperaturas superficiales Quitumbe



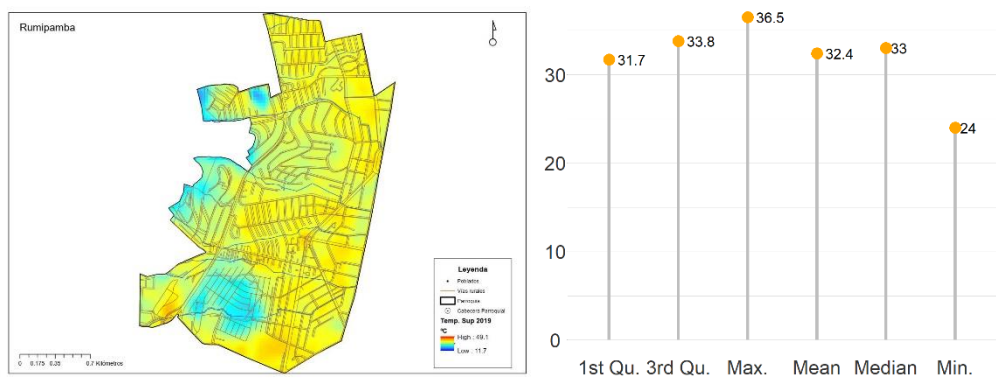
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

45. Rumipamba

En esta parroquia, las temperaturas superficiales más altas se localizan sobre el eje de la Av. De La Prensa desde aproximadamente la calle Edmundo Carvajal hasta el redondel del sector de la “Y” y continuando sobre la Av. América hasta su intersección con la Av. Mariana de Jesús, en este sector se registran temperaturas superficiales promedio de 34°C. También se registran valores más altos en los barrios Granda Centeno, Voz de los Andes y Rumipamba, donde las temperaturas superficiales varían entre 33°C y 36°C. Por otra parte el barrio Quito Tennis registra una temperatura de 31°C. La zona de temperatura más baja se localiza en el predio donde se localiza el Parque Arqueológico Rumipamba donde se registra una temperatura superficial de 27°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 67: Temperaturas superficiales Rumipamba

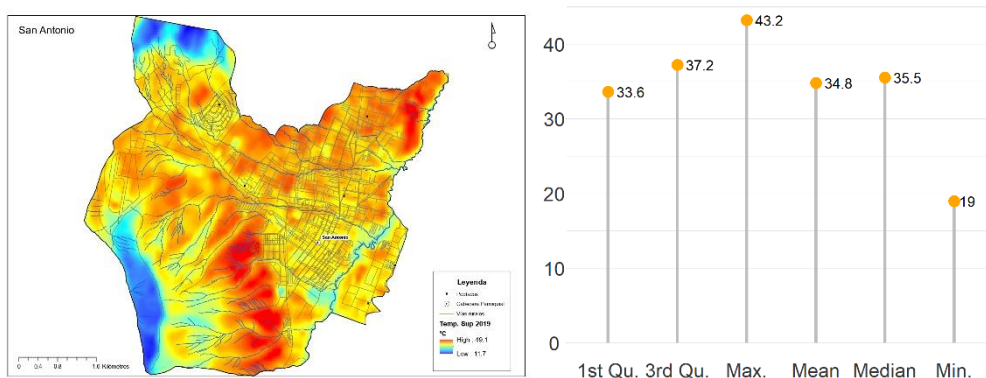


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

46. San Antonio

En la parroquia de San Antonio, se observa que existen grandes extensiones de territorio que presentan una temperatura superficial alta, con valores que varían entre los 40°C y 43°C. De acuerdo al mapa de cobertura vegetal del Atlas Ambiental 2016 de Quito, estas zonas corresponden a suelo desnudo de origen antropogénico, y se localizan en las faldas del Casitagua. También en los barrios Alcantarilla Alta y Rumicucho Cárcel, se observan sectores con temperatura superficial alta, que corresponden a zonas con arbustos secos interandinos y con valores que oscilan entre los 38°C y 40°C. En los barrios Hipódromo, Caspigasí y Recaudación, las temperaturas altas se concentran en sectores con arbustos secos interandinos, alternado con áreas en procesos de consolidación, registrando valores que oscilan entre los 37°C y 40°C. Los sectores con temperaturas superficiales más bajas, se localizan en los barrios Tanlahua y Caspigasí, que registran valores entre los 20°C y 22°C, no obstante, esto se debe a la sombra proyectada por el relieve de la zona. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 68: Temperaturas superficiales San Antonio



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

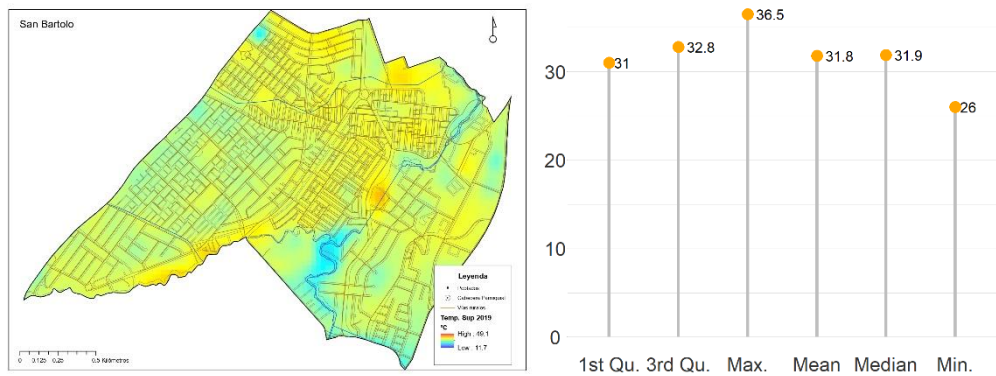
47. San Bartolo

En la parroquia de San Bartolo, las temperaturas superficiales más altas se concentran principalmente a lo largo de los ejes de las vías Tnt. Hugo Ortíz, Av. Cardenal de la Torre, principalmente en Barrionuevo, El Calzado, Los Arrayanes, Unión y Justicia, Primero de Mayo, Quito Sur, Santa Bárbara Baja, donde las temperaturas superficiales promedio, oscilan entre 32°C y 36°C. Un caso particular se observa sobre el Parque Lineal Quito Sur, en el que se registran altas temperaturas superficiales debido a la presencia de suelo desnudo y sobre el Hospital del Sur del IESS, Industria Harinera y Almacopio donde se registran valores de 33°C.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se registran en la ciudadela Gatazo, ciudadela Universitaria y Frente Popular, donde se registran valores que bordean los 29°C; también a lo largo de la quebrada del Río Machángara, las temperaturas registradas varían

entre los 23º y 26ºC. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 69: Temperaturas superficiales San Bartolo



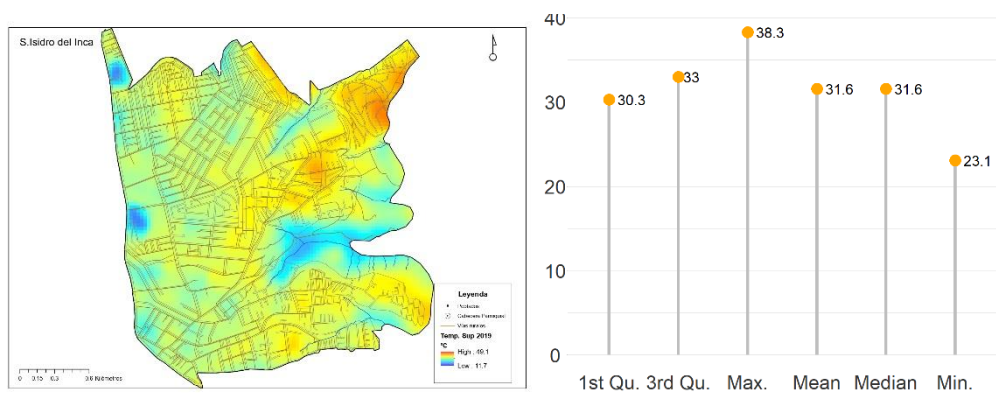
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

48. San Isidro del Inca

Las mayores temperaturas superficiales se concentran en el sector de San Miguel de Amagásí, especialmente en el sector de del Liceo Hortanar y a lo largo de la vía De Las Nueces y De Los Nogales así como el barrio Bella Aurora y San Felipe con valores cercanos a los 36ºC, también se se observan unas canchas deportivas con temperaturas superficiales bordean los 38ºC. Otros sectores con concentraciones de temperatura superficial alta está en los barrios Buenos Aires y Protección Jipijapa, a lo largo de las vías José Félix Barreiro y De los Nogales respectivamente y Barrio La Victoria, sobre el eje de la calle Carl Neilsen que registra una temperatura superficial entre 32ºC y 33ºC.

Por otra parte, las temperaturas superficiales más bajas se registran a lo largo de las quebradas Seca, Angarrachaca, Gualo, Piman donde los valores oscilan entre los 25ºC y los 29ºC. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 70: Temperaturas superficiales San Isidro del Inca

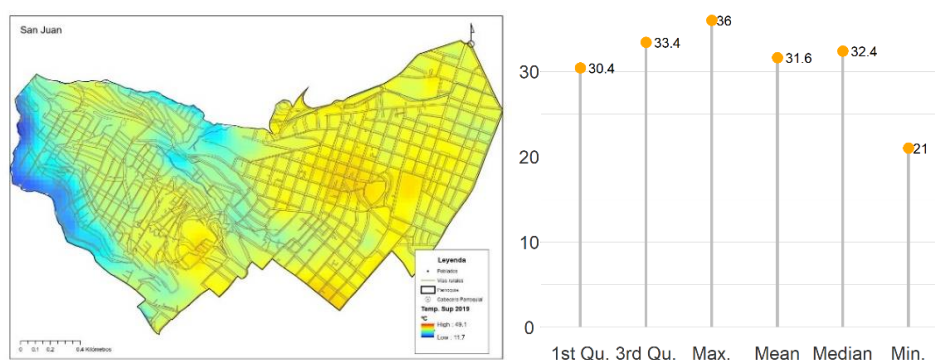


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

49. San Juan

En la parroquia San Juan se registran las temperaturas superficiales más altas en los barrios San Juan, la Chilena Larrea, América, principalmente en los alrededores del Colegio Nacional Mejía y el Centro de Arte Contemporáneo, así como en el sector del Cementerio del Tejar en el barrio de El Placer donde se registran valores entre los 34°C y 36°C. Por otra parte, los barrios Pavón Grijalva, parte de El Placer, Toctiuco, parte alta de El Tejar y La Cantera, registra temperaturas superficiales más bajas con rangos que oscilan entre los 29°C y 31°C, se observa que estos barrios se encuentran cercanos a las quebradas Miraflores y Miraflores Sur, y La Chorrera. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 71: Temperaturas superficiales San Juan

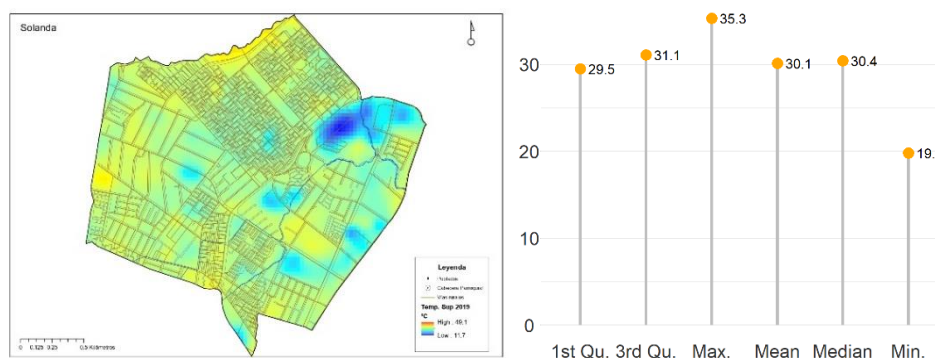


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

50. Solanda

De igual manera, Solanda registra temperaturas superficiales más bajas que en el resto de la ciudad. Los sectores de mayor temperatura superficial se localizan en el sector El Pintado donde se registran valores de hasta 35°C. Por otra parte, las zonas de temperaturas superficiales más bajas se registran sobre el Mercado Mayorista, con un valor de 20°C. En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 72: Temperaturas superficiales Solanda



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

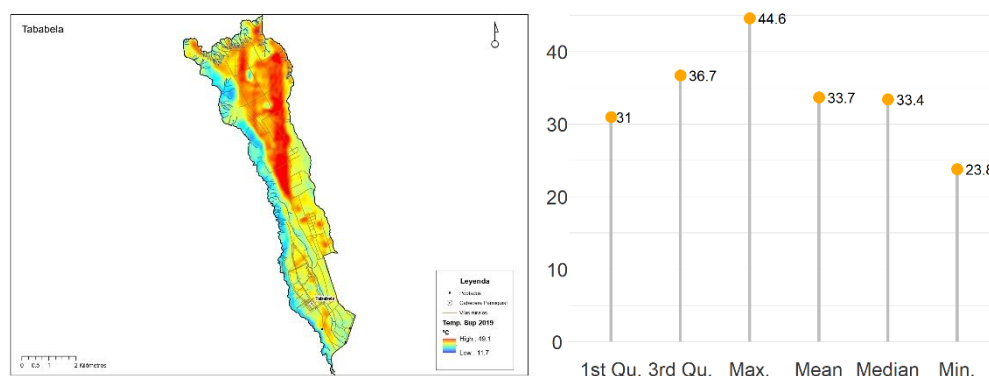
51. Tababela

En la parroquia de Tababela, de forma general se observa que las temperaturas superficiales más altas se localizan a lo largo del corredor Alpachaca con valores que oscilan los 33°C. Por otra parte, se observa que la Urbanización de la DAC y Barrio Guambi registran valores de temperatura superficial que oscila entre los 38°C y 40°C, esto debido a la presencia de techos de zinc y lotes con suelo desnudo que aportan con calor al ambiente.

En el caso del barrio Guambi y cabecera de Tababela, registran valores de temperatura superficial que varían entre los 34°C y 39°C, y en la que se observa zonas que alternan vivienda con lotes para cultivo o suelo desnudo. Por otra parte, se observa que la mayor temperatura superficial, se localiza sobre la pista del aeropuerto Mariscal Sucre, donde se registran valores entre los 40°C y 44.6°C, debido a la respuesta espectral que el asfalto refleja.

Finalmente, las temperaturas superficiales más bajas de la parroquia, se localizan sobre las zonas de las quebradas del Río Guambi (25°C) y la quebrada Alpachaca (29°C). En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 73: Temperaturas superficiales Tababela



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

52. Tumbaco

Las mayores temperaturas superficiales se concentran en el Sector de Collaquí, a lo largo de las vías Luis Stacey Guzmán y Guadalupana, donde se observa que existen procesos de consolidación, con zonas que alternan vivienda con los lotes baldíos y en el que los valores de temperatura superficial varían entre 36°C y 38°C. El punto de mayor temperatura superficial en Collaquí, se localiza en la unión de las Quebradas del Río Chiche y Río San Pedro, donde predomina los arbustos secos interandinos, con valores de 41°C. También muy próxima a esta zona, se encuentra el barrio Las Peñas que colinda con el Río Chiche, donde se registran temperaturas superficiales que varían entre 33°C y 37°C, principalmente a lo largo de la vía Monseñor José Manuel Plaza de la Tejada.

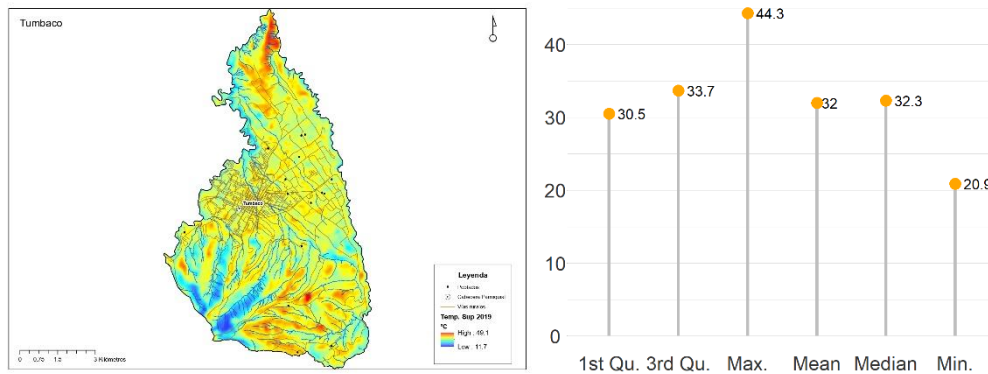
Adicionalmente, a lo largo de la Ruta Viva se observa que las mayores temperaturas superficiales se concentran a lo largo de eje, observándose que los valores oscilan entre los 32°C y 35°C, sin embargo también existen pequeñas concentraciones de alta temperatura en los sectores del Escalón Tumbaco, Sector Tolagasí y cruce con la Vía Intervalles, con valores entre 35°C y 37°C.

Hacia las faldas del Ilaló se observa que los barrios Cunuyacu, Central, Leopoldo Chávez, la Muela, reflejan temperaturas superficiales más altas que van entre los 33°C y 34°C, todos estos sectores comparten la característica de tener vías aperturadas, especialmente la denominada Vía a Ilaló que llega hasta la cumbre del cerro del mismo nombre. Los barrios de Chimqui, San Juan Chuspiyacu, y Alcantarilla, presentan también altas temperaturas superficiales, con valores que oscilan entre los 37°C y 44°C, no obstante esto se debe a la presencia de pasto natural y arbustos secos, de acuerdo a la información proporcionada por el Atlas Ambiental de Quito del 2016.

También se observan altas temperaturas superficiales en los barrios Plazapamba, la Tolita, Olalla que se encuentran en la base del Ilaló cercana a Pifo, con valores que van entre los 34°C y 37°C, donde se observa que existe arbustos secos, pasto cultivado y suelo desnudo de origen antrópico.

Las temperaturas superficiales más bajas se presentan en las partes altas del Ilaló donde – de acuerdo a la información del Atlas Ambiental 2016- se presentan arbustos húmedos (arbusto montano de los andes del norte). En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 74: Temperaturas superficiales Tumbaco



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

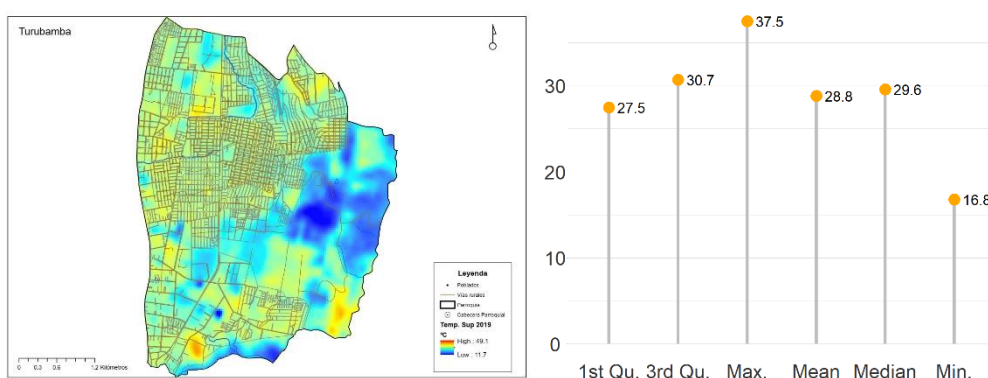
53. Turubamba

En la parroquia Turubamba, se observa que las mayores temperaturas se registran en los siguientes barrios: Beaterio y Caupicho 1 con valores entre los 34°C y 37°C; Bellavista Sur con 31°C, Manulita Saenz, La Victoria Baja con temperatura superficial de 32°C y los barrios localizados al norte de la Central Termoeléctrica Santa Rosa, donde se registran valores de 32°C.

Por otra parte, los barrios con temperaturas superficiales más bajas corresponden a: Venecia, Caupicho 3, San Blas 1, El Conde 1, Ciudad Futura, Tréboles del Sur, donde se observan valores entre los 28°C y 30°C; adicionalmente en los sectores de las Quebrada Caupicho que posteriormente se une al Río Machángara, los valores de temperatura oscilan entre 27°C y 29°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 75: Temperaturas superficiales Turubamba



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

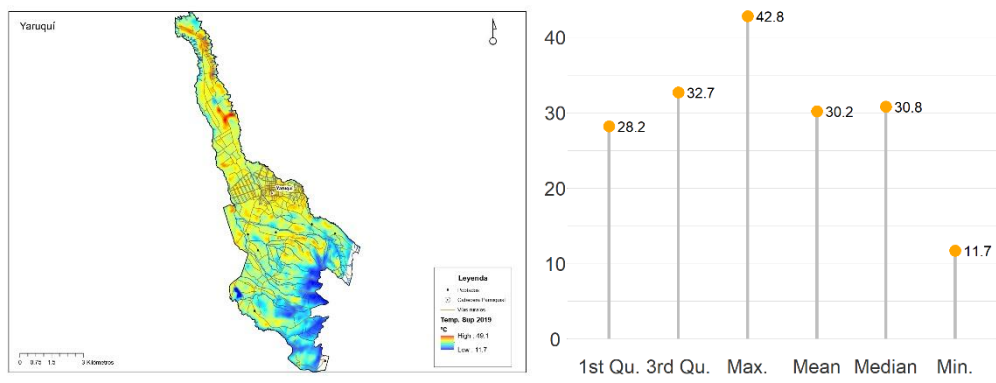
54. Yaruquí

De forma general, se observa que Yaruquí presenta una temperatura superficial constante en su territorio con valores que oscilan entre los 33°C y 35°C. Los picos más grandes de temperatura se localizan en el barrio Otón de Vélez, sobre la ladera del sector La Pampilla, en la que de acuerdo con el Atlas Ambiental de Quito 2016, presenta arbustos secos interandinos. Otros puntos con valore de temperatura superficial más altos, se localizan en suelos sin urbanizar, con valores que oscilan entre 34°C y 36°C.

Las temperaturas más bajas se localizan a lo largo de las quebradas, donde los valores de temperatura superficial oscilan entre los 25°C y 28°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas superficiales, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 76: Temperaturas superficiales Yaruquí



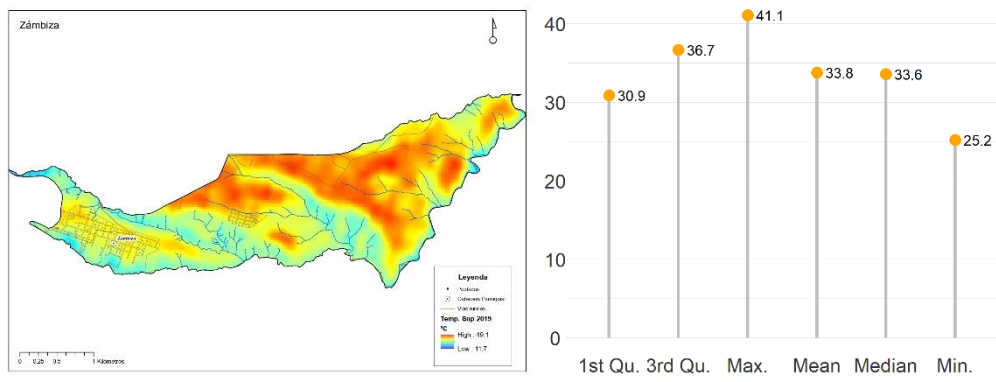
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

55. Zámbriza

Las mayores temperaturas superficiales se concentran en la zona de San Miguel, debido a la presencia de vegetación natural, principalmente arbustos secos interandinos donde la temperatura superficial es de 38°C. En la zona de mayor consolidación de la parroquia, se alterna con zonas de pastos cultivados, en estos sectores la temperatura superficial oscila entre los 33°C y 34°C.

En los gráficos siguientes se observan la distribución espacial de las temperaturas, así como los valores máximos, mínimos, valor promedio y rangos predominantes de temperatura superficial (primer y tercer cuartil).

Figura 77: Temperaturas superficiales Zámbriza



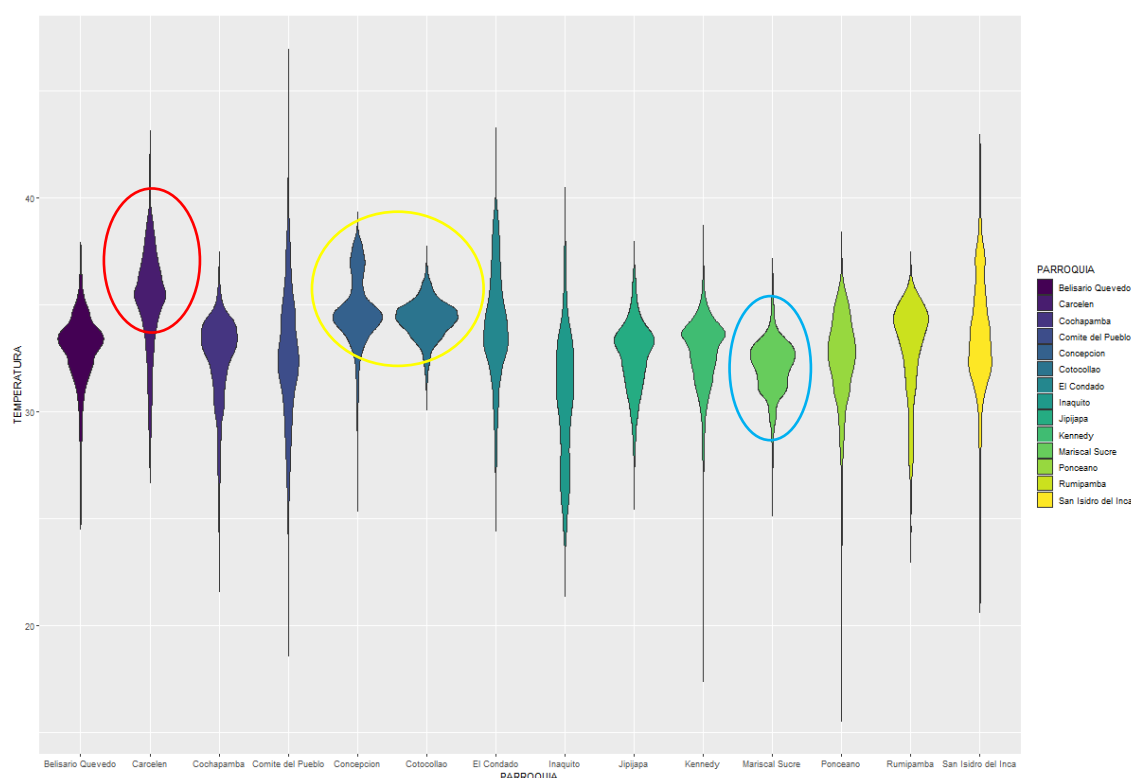
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

A continuación se realiza un análisis comparativo entre todas las parroquias, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios. El análisis hace una distinción entre parroquias urbanas y rurales, y tomando en cuenta la localización geográficas de las mismas. A continuación los resultados:

56. Parroquias Urbanas 2019

Se analiza la distribución general de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Norte** de Quito: Belisario Quevedo, Carcelén, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, Cotocollao, El Condado, Ñaquito, Jipijapa, Kennedy, Mariscal Sucre, Ponceano, Rumipamba y San Isidro del Inca. Al hacer este análisis comparativo, se observa que en el 2019 la parroquia Carcelén es la que presenta las temperaturas superficiales más altas, seguida de Concepción y Cotocollao. Por otra parte la parroquia Mariscal Sucre es la que presenta las temperaturas superficiales más bajas.

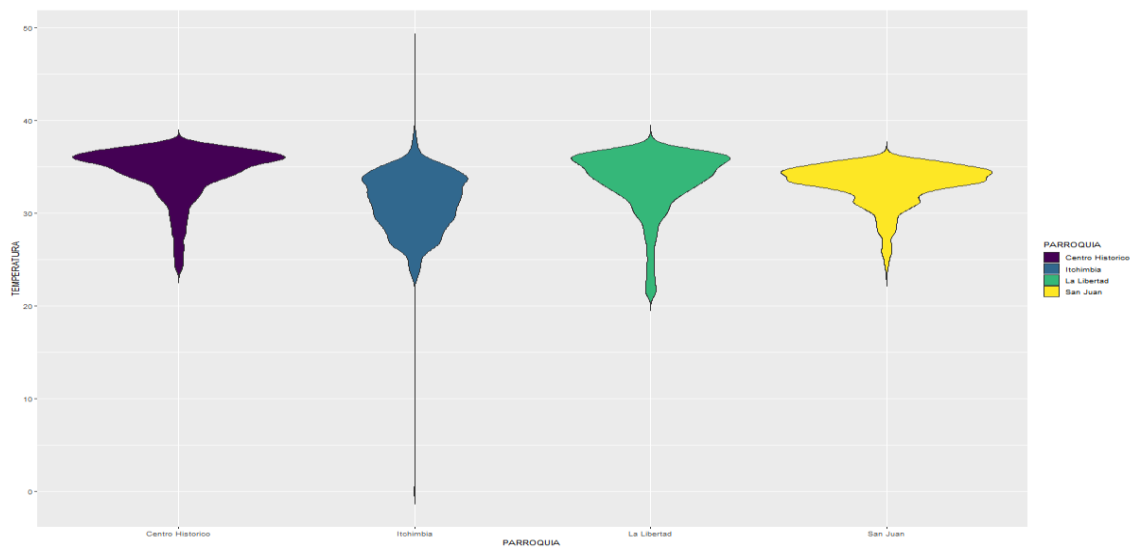
Figura 78: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas norte de Quito - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias urbanas del **Centro de Quito**: Centro Histórico, Itchimbía, La Libertad y San Juan, se observa que todas las parroquias presentan temperaturas superficiales similares, con una ligera diferencia con Itchimbía que presenta temperaturas un poco más bajas que el resto de parroquias.

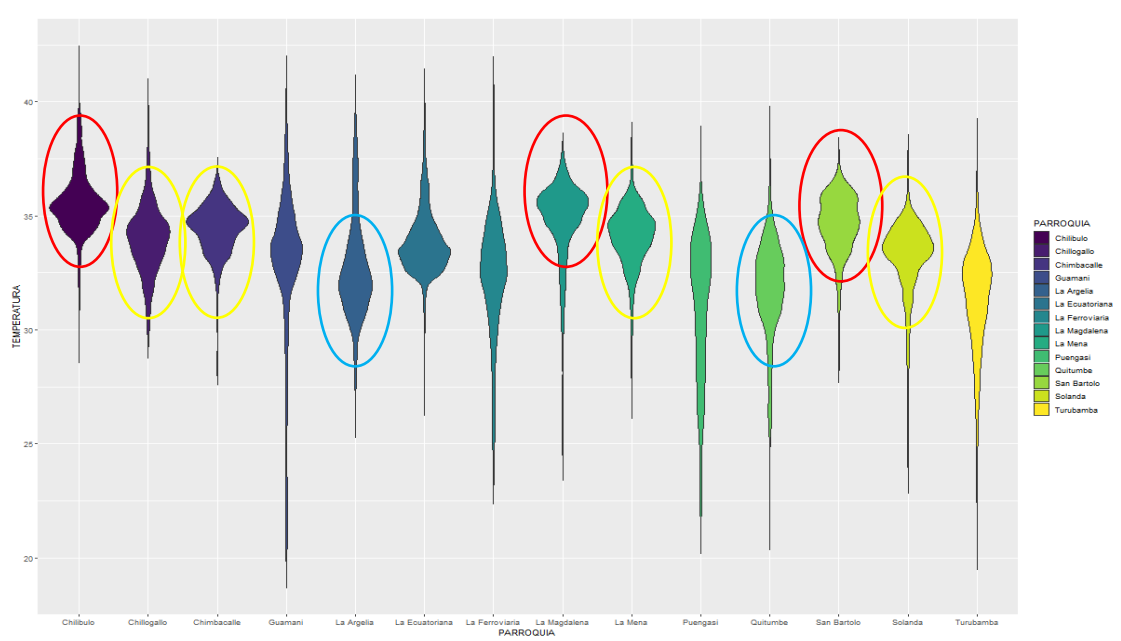
Figura 79: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas centro de Quito - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Finalmente al analizar la distribución general de las temperaturas superficiales en las **parroquias del Sur** de Quito: Chilibulo, Chillogallo, Chimbavalle, Guamaní, La Argelia, La Ecuatoriana, La Ferroviaria, La Magdalena, La Mena, Puengasí, Quitumbe, San Bartolo, Solanda y Turubamba, se observa que las parroquias Chilibulo, San Bartolo y La Magdalena son las que presentan mayores temperaturas superficiales, no obstante Chillogallo, Chimbacalle, La Mena y Solanda, también presentan valores altos. Las parroquias La Argelia y Quitumbe son las que presentan las temperaturas superficiales más bajas.

Figura 80: Distribución de temperaturas superficiales parroquias urbanas sur de Quito - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

57. Parroquias Rurales 2019

Al analizar las parroquias rurales del norte de Quito: Calacalí, Calderón, Guayllabamba, Llano Chico, Nono, Pomasqui, San Antonio y Zábiza, se observa que San Antonio y Calderón son las parroquias que presentan las temperaturas superficiales más altas, seguida de Llano Chico, en tanto que Guayllabamba y el área de estudio de Nono, son las parroquias que presentan las temperaturas superficiales más bajas.

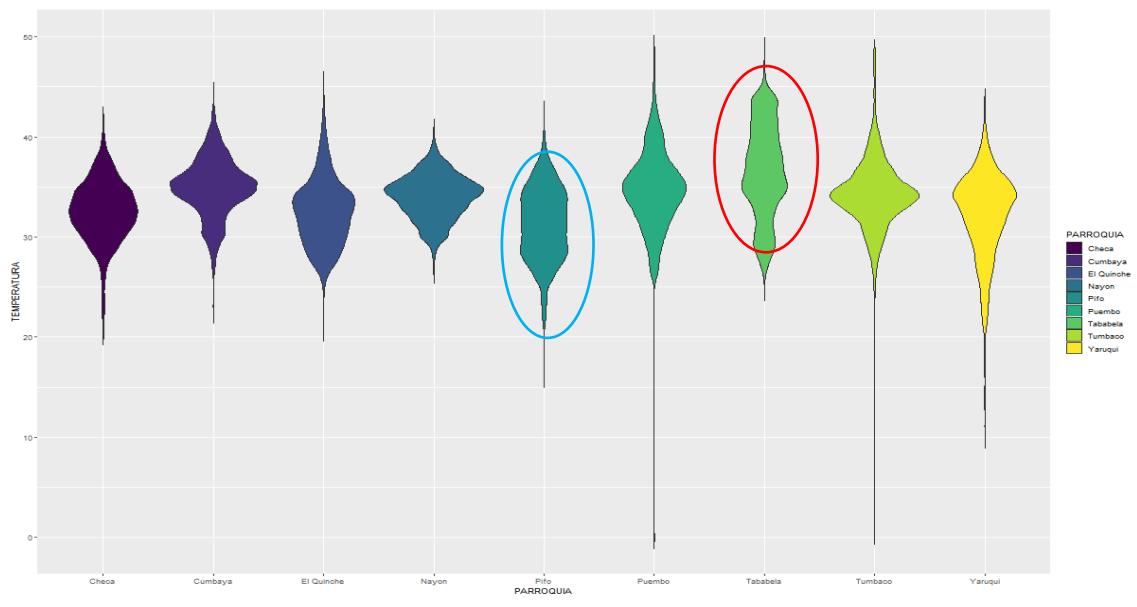
Figura 81: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales norte de Quito - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Para las parroquias rurales del nororiente de Quito: Checa, Cumbayá, El Quinche, Nayón, Pifo, Puembo, Tababela, Tumbaco y Yaruquí, se observa que Tababela es la parroquia que presenta las mayores temperaturas superficiales, en tanto que Pifo presenta las temperaturas superficiales más bajas. Las demás parroquias presentan temperaturas superficiales similares.

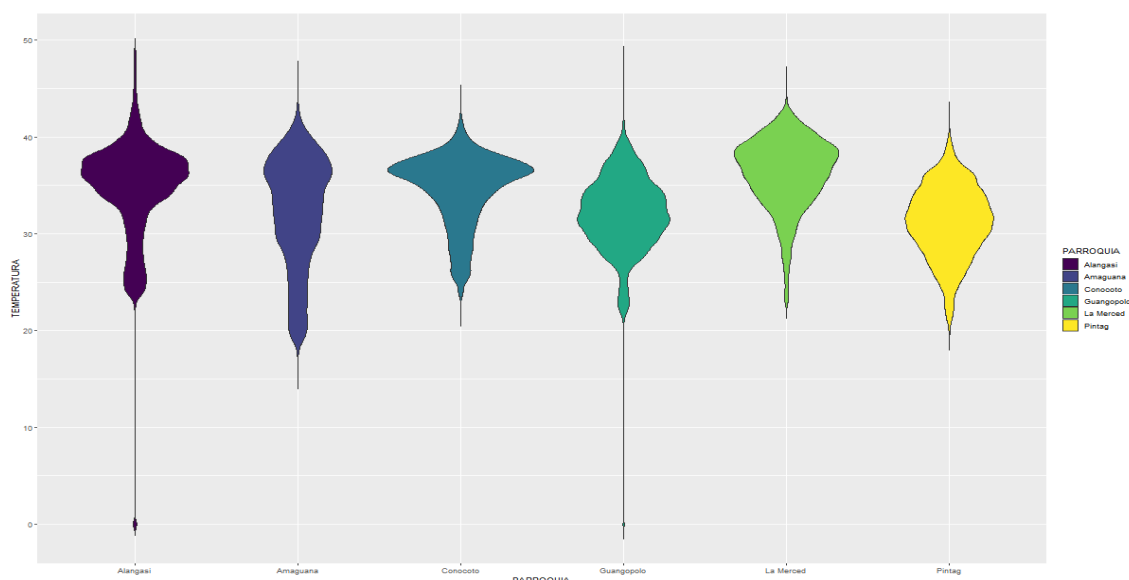
Figura 82: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales Nororiente de Quito 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

En el caso de las parroquias rurales del sur oriente de Quito: Alangasí, Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced y Pintag, se observa que las temperaturas superficiales son similares en todas las parroquias.

Figura 83: Distribución de temperaturas superficiales parroquias rurales sur oriente de Quito 2019



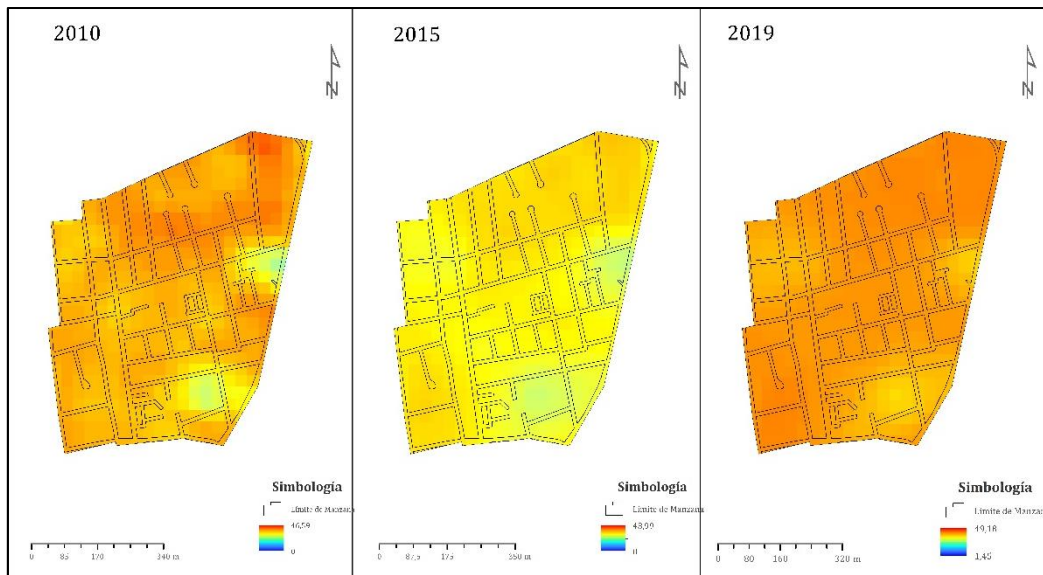
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.2.2. 13 Zonas Piloto

En la siguiente sección, se analiza para cada zona piloto los resultados de la distribución espacial temperatura superficial obtenida a partir de las imágenes satelitales, los cuales permiten entender **a priori** la configuración de la materialidad presente en cada zona de estudio. Para el efecto, se ha generado un histograma de frecuencias en el que el eje de las X muestra la temperatura (agrupada por clases) y en el eje de las Y se muestra el total de áreas dentro de cada clase de temperatura generada. Los resultados para las 13 zonas de estudio se muestran a continuación:

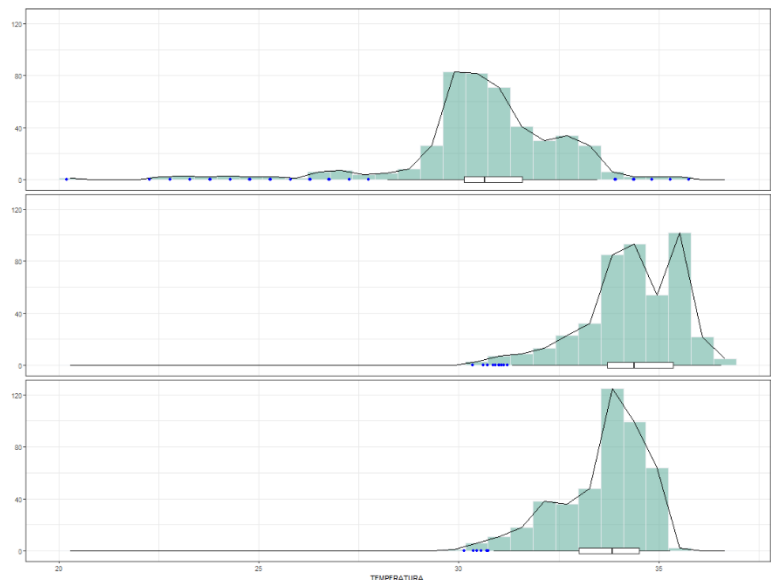
5.2.2.1. La Delicia

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº1 La Delicia, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 30.13°C y 31.58°C, siendo el valor máximo 35.74°C, el valor mínimo 20.21°C, el valor promedio es de 30.63°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 33.7°C y 35.3°C, la temperatura superficial máxima es de 36.56°C, la temperatura superficial mínima es 30.34°C, el valor promedio es de 34.3°C. Para el año **2019** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 33°C y 34.5°C, el valor máximo es 35.28°C el valor mínimo 30.13°C, el valor promedio es de 33.6°C.

Figura 84: Temperatura superficial para La Delicia periodo 2010 - 2019

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (20.21°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (36.56°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, es el 2015.

Figura 85: Análisis comparativo de temperatura superficial para La Delicia periodo 2010 - 2019

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

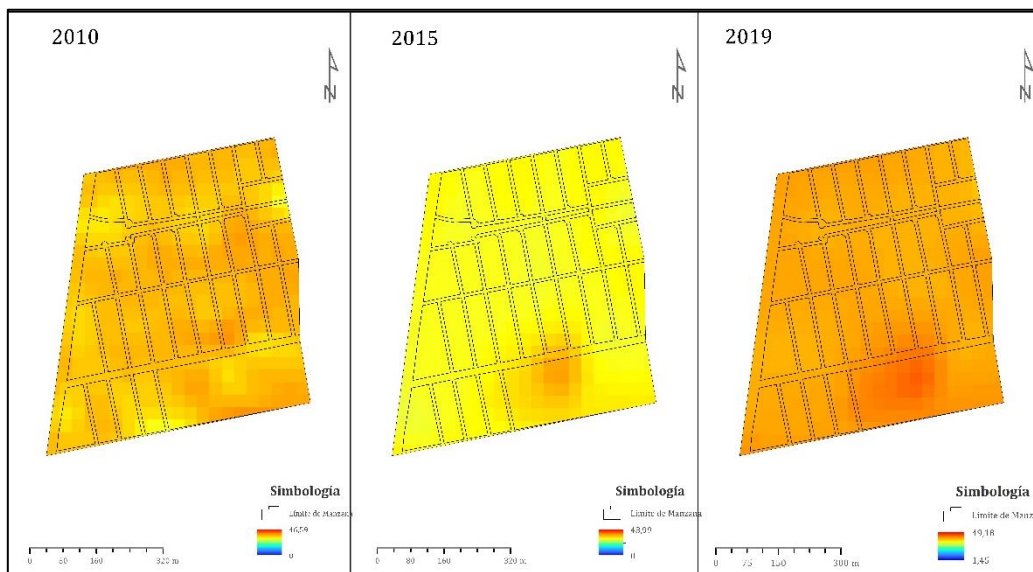
Al analizar la *distribución de los datos*, se observa que en el año **2010** la zona de estudio tiene una distribución asimétrica positiva lo que indicaría que la materialidad predominante en ese año tenía una tendencia hacia reflejar temperaturas superficiales más bajas. En el año **2015** se observa que la distribución de los datos tiene una distribución asimétrica negativa lo que implica existe un incremento en las zonas con materiales que

reflejan una temperatura superficial más alta, la distribución tipo “peine” con alternación de valores altos y bajos, indicaría que la materialidad del sector es heterogénea. En el año **2019** la distribución de los datos tiende nuevamente hacia la asimetría negativa, lo que indica por una parte, que la zona tiene predominancia por los materiales que reflejan una temperatura superficial alta y por otra parte indica que la zona se está homogeneizando en cuanto a materialidad.

5.2.2.2. Kennedy

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº2 Kennedy, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 30°C y 31°C, siendo el valor máximo 35.74°C, el valor mínimo 20.21°C, el valor promedio es de 30.63°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 33.6°C y 34.11°C, el valor máximo es de 38.06°C, el valor mínimo es de 32.86°C y el valor promedio es de 34.04°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 32.67°C y 33.31°C, el valor máximo es de 37.18°C, el valor mínimo es de 32.67°C y el valor promedio es de 32.20°C

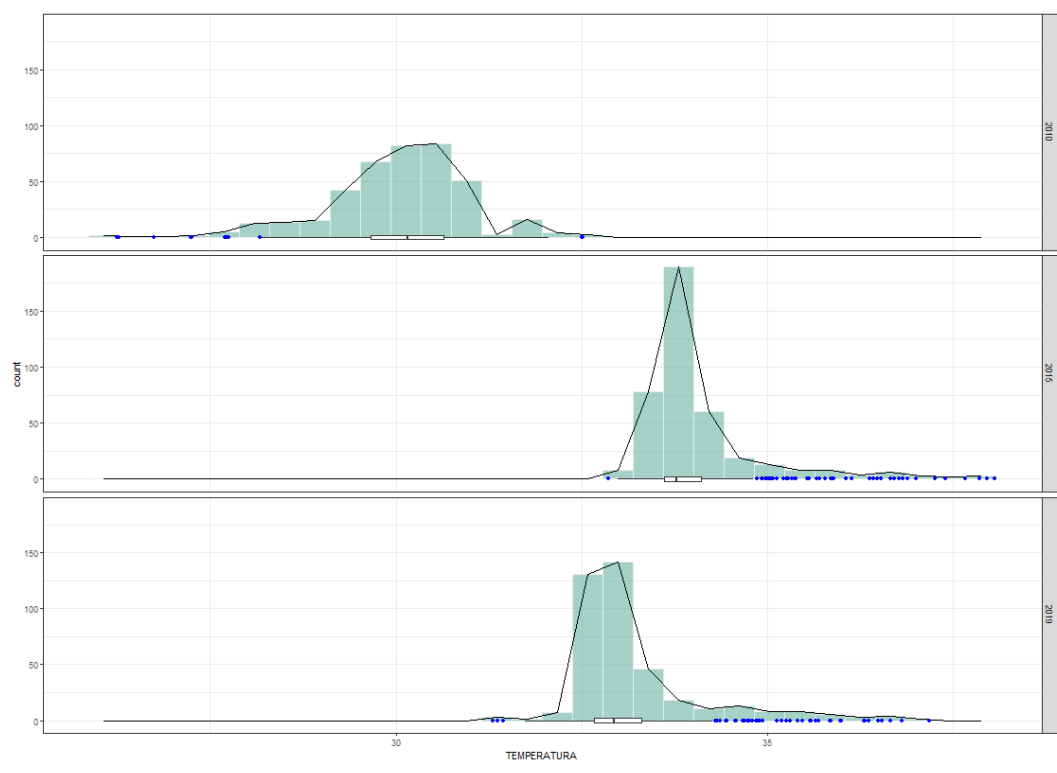
Figura 86: Temperatura superficial para Kennedy periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (26.25°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (38.15°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, es el 2015.

Figura 87: Análisis comparativo de temperatura superficial para Kennedy periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

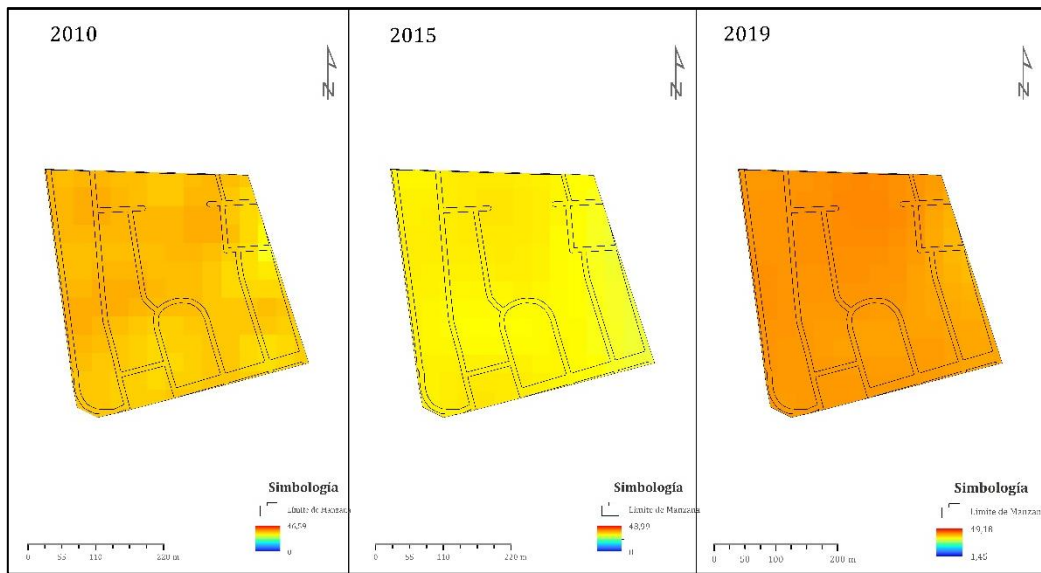
Al analizar la *distribución de datos* se observa que el año **2010** presenta una distribución simétrica lo que indicaría que la materialidad en toda la zona es homogénea y releja temperaturas superficiales similares; se observa que existen áreas pequeñas que reflejan una temperatura superficial alta, las cuales en el año 2015 pasan a formar parte del conjunto de datos principal. En el año **2015** los datos tienen una distribución asimétrica positiva lo que indica que en este año la mayor cantidad de materiales presentes en la zona relejaban temperaturas superficiales más bajas, no obstante, los valores atípicos en la parte derecha del gráfico, nos indica que ese año se incorporaron pocas zonas que refejan temperaturas superficiales más altas. En el año **2019** la distribución de los datos mantiene su distribución asimétrica positiva similar a la del 2015, es decir que existe su mayoría la zona reflejaba Ts más bajas con un pequeño grupo de zonas que reflejan mayores temperaturas superficiales mayores al resto.

5.2.2.3. Bicentenario

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº3 Bicentenario, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010**, se encuentra entre los 29.2°C y 30.6°C, siendo el valor máximo 31.1°C, el valor mínimo 26.27°C, el valor promedio es de 29.8°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 34.1°C y 34.6°C, el valor máximo es de 35.1°C, el valor mínimo es de 32.9°C y el valor promedio es de 34.3°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 33.4°C y

34.2°C, el valor máximo es de 34.7°C, el valor mínimo es de 31.7°C y el valor promedio es de 33.7°C.

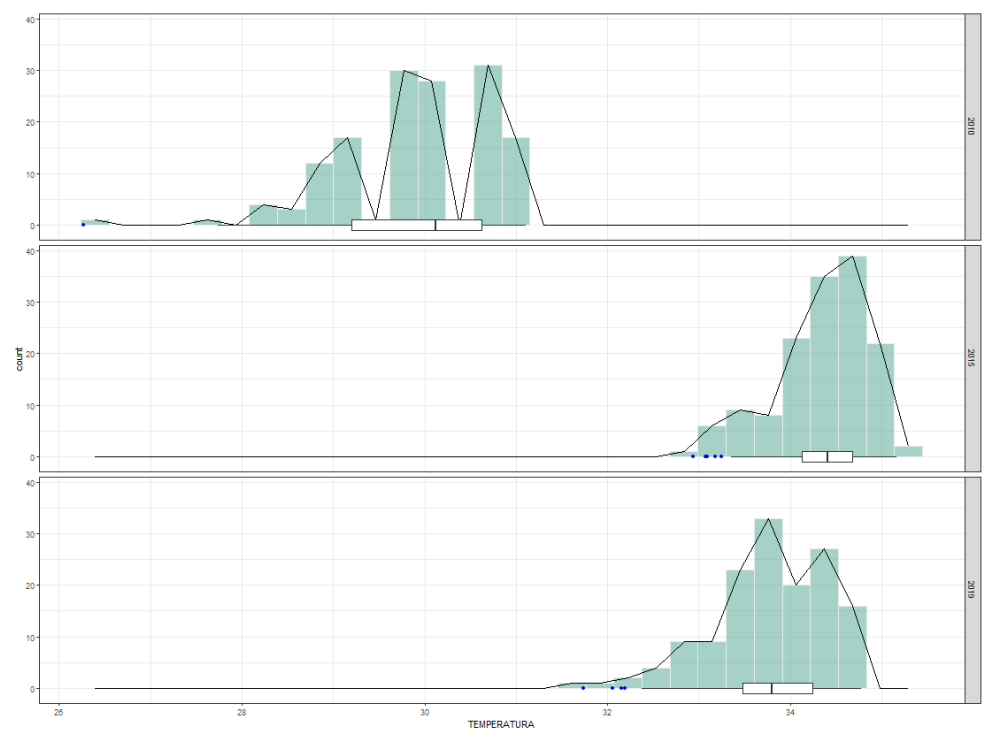
Figura 88: Temperatura superficial para Bicentenario periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (26.2°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, es el 2015.

Figura 89: Análisis comparativo de temperatura superficial para Bicentenario periodo 2010 - 2019



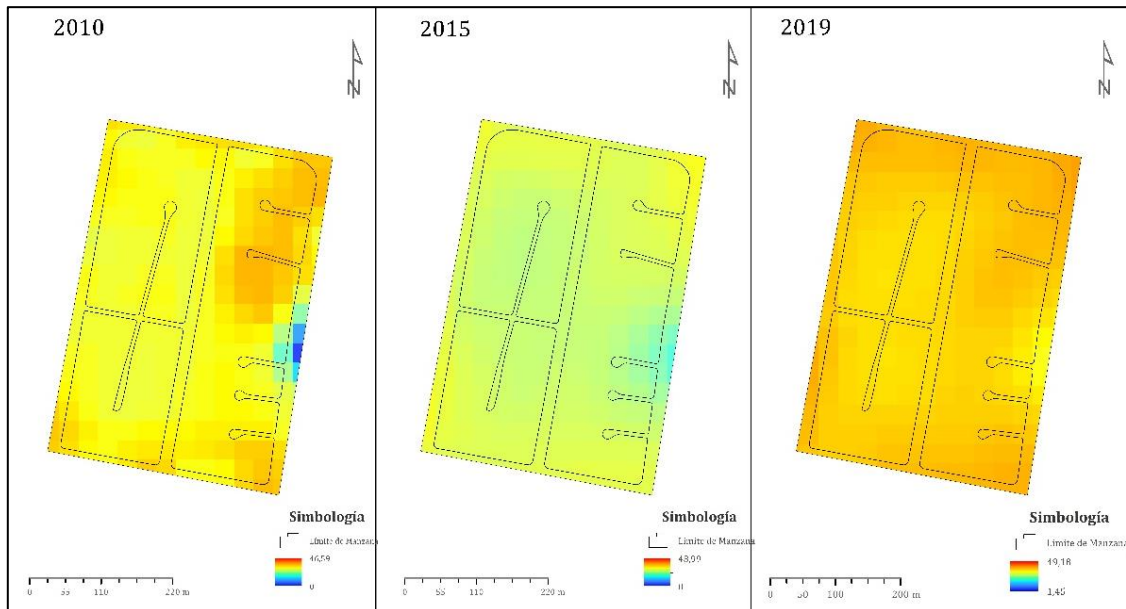
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar la *distribución de los datos* se observa que para el año **2010** la distribución es de tipo truncada, pero con una tendencia asimétrica negativa lo que indicaría que la propensión de una materialidad homogénea en el sector que reflejan las temperaturas superficiales alta, pese a que se identifican dos sectores de poca superficie con alta temperatura superficial las cuales posteriormente se integran en el 2015 al conjunto de datos. En el año **2015** se observa que la distribución continúa siendo asimétrica negativa, es decir que continúa el predominio de materiales que reflejan temperaturas superficiales altas, comportamiento que se mantiene en el **2019**.

5.2.2.4. Portugal

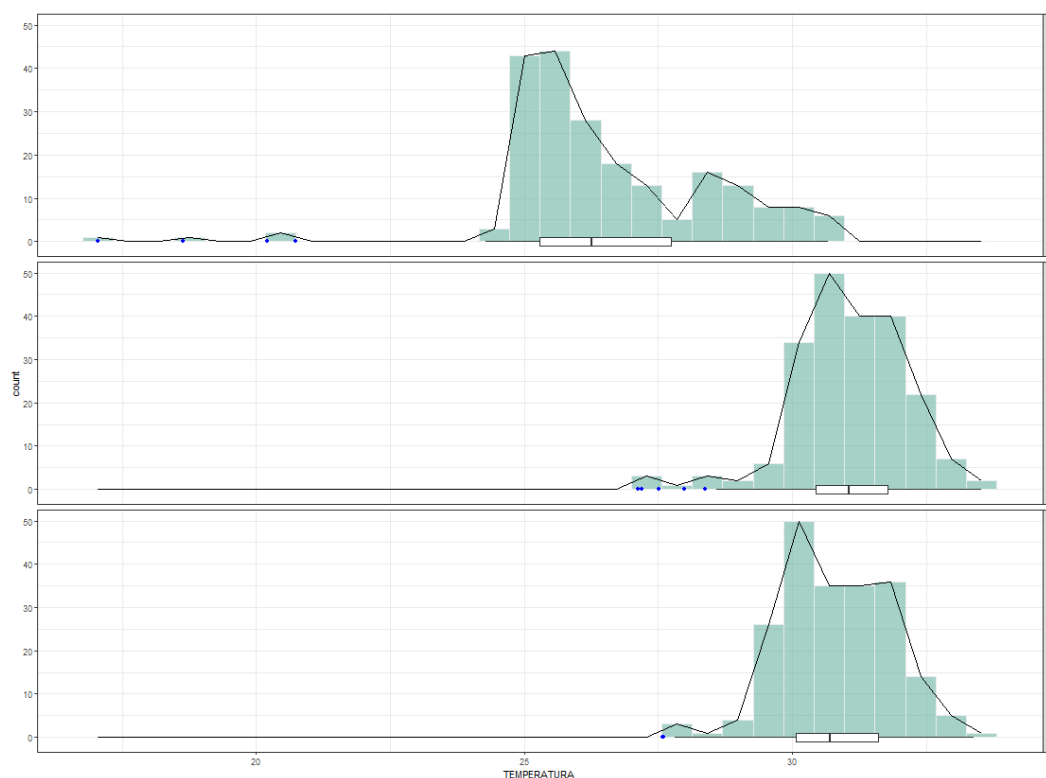
De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n^o4 Portugal, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010**, se encuentra entre los 25.2°C y 27.7°C, siendo el valor máximo 30.6°C, el valor mínimo 17.05°C, el valor promedio es de 26.5°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 30.4°C y 31.7°C, el valor máximo es de 33.5°C, el valor mínimo es de 27.1°C y el valor promedio es de 31.4°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 30°C y 31.6°C, el valor máximo es de 33.4°C, el valor mínimo es de 27.6°C y el valor promedio es de 31.6°C.

Figura 90: Temperatura superficial para Portugal periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (17.05°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (33.5°C).

Figura 91: Análisis comparativo de temperatura superficial para Portugal periodo 2010 - 2019

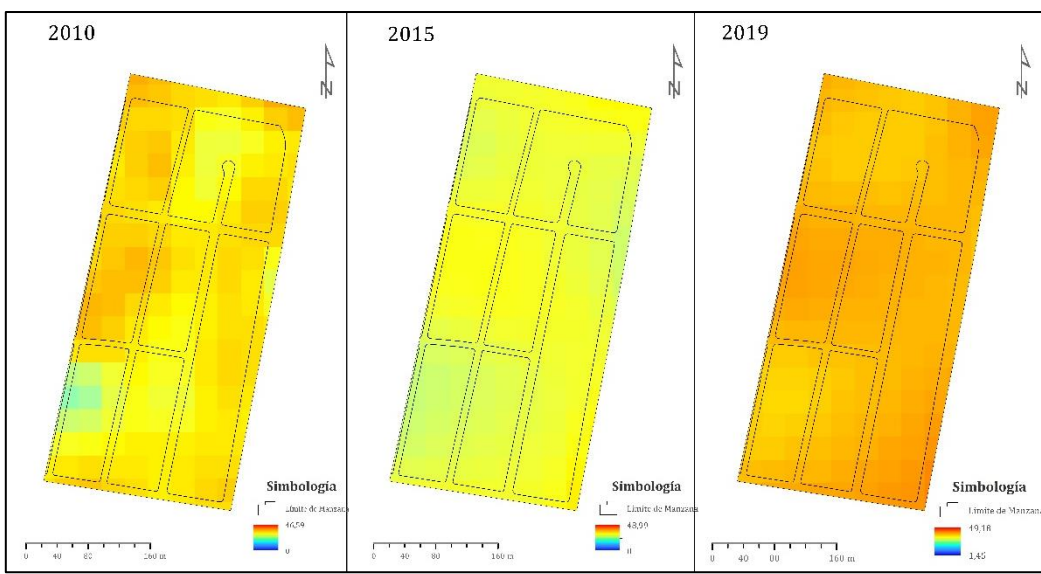
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar *la distribución de los datos* en el año **2010** la distribución es bimodal en la que se observa una primera curva con una predominancia de materiales que reflejan temperaturas superficiales más bajas y otro grupo con temperaturas más altas; lo que indica que la materialidad era relativamente heterogénea. En los años **2015** y **2019**, la distribución de los datos podría considerarse como simétrica, lo que indica que la materialidad reflejaba temperaturas superficiales relativamente homogéneas en ambos años, y se observa además que la mayor parte de la zona de estudio incrementó su temperatura superficial respecto al 2010.

5.2.2.5. Iñaquito

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n°5 Iñaquito, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 26.7°C y 28.7°C, siendo el valor máximo 31°C, el valor mínimo 19.7°C, el valor promedio es de 27.6°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 32.3°C y 33.3°C, el valor máximo es de 34.5°C, el valor mínimo es de 30.55°C y el valor promedio es de 32.7°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 31.6°C y 32.6°C, el valor máximo es de 35.1°C, el valor mínimo es de 30.2°C y el valor promedio es de 32.1°C.

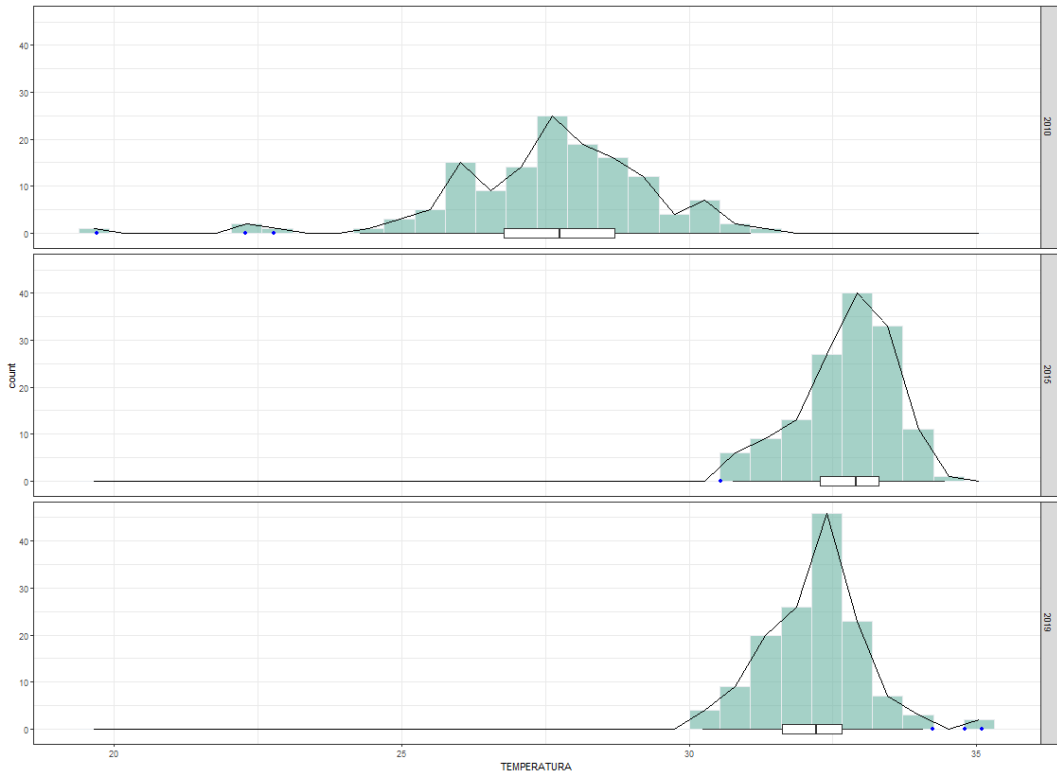
Figura 92: Temperatura superficial para Ñaquito periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (19.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2019 (35.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2019.

Figura 93: Análisis comparativo de temperatura superficial para Ñaquito periodo 2010 - 2019



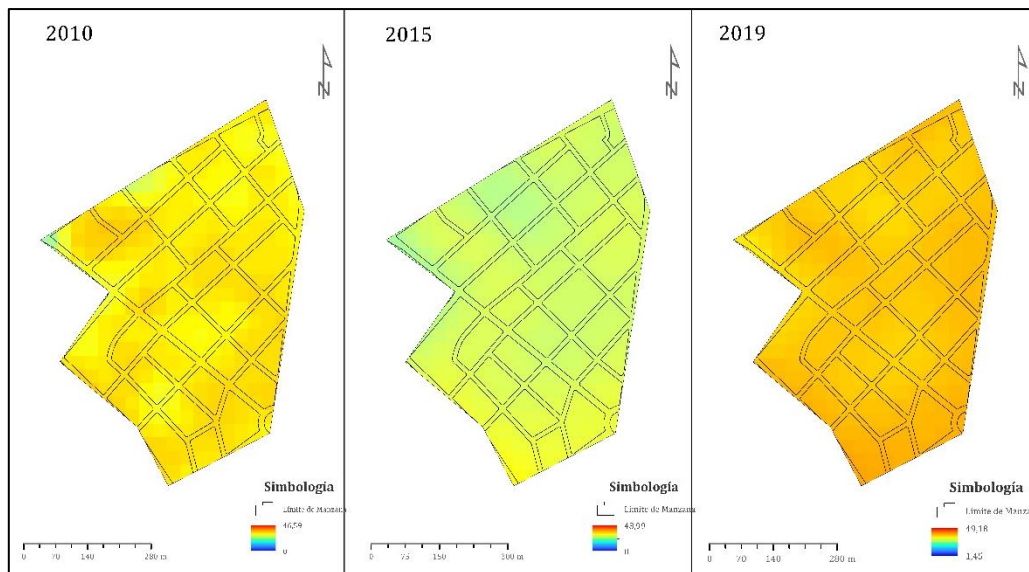
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar la *distribución de los datos* se observa que en el año 2010 se tiene una distribución que podría considerarse simétrica lo que implicaría que la materialidad en ese año refleja temperaturas superficiales más homogéneas. En el año 2015 se observa una ligera asimetría negativa, que implica un incremento en las áreas que reflejan temperaturas superficiales más altas. Para el año 2019 se mantiene la asimetría negativa y se observa además la presencia de valores atípicos (outliers) en las zonas que reflejan temperaturas superficiales más altas.

5.2.2.6. La Floresta

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n°6 Floresta, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 26.7°C y 28.2°C, siendo el valor máximo 29.7°C, el valor mínimo 19.7°C, el valor promedio es de 27.4°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 30.9°C y 31.6°C, el valor máximo es de 33.7°C, el valor mínimo es de 28.9°C y el valor promedio es de 31.2°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 30.9°C y 31.7°C, el valor máximo es de 32.9°C, el valor mínimo es de 29.3°C y el valor promedio es de 31.3°C.

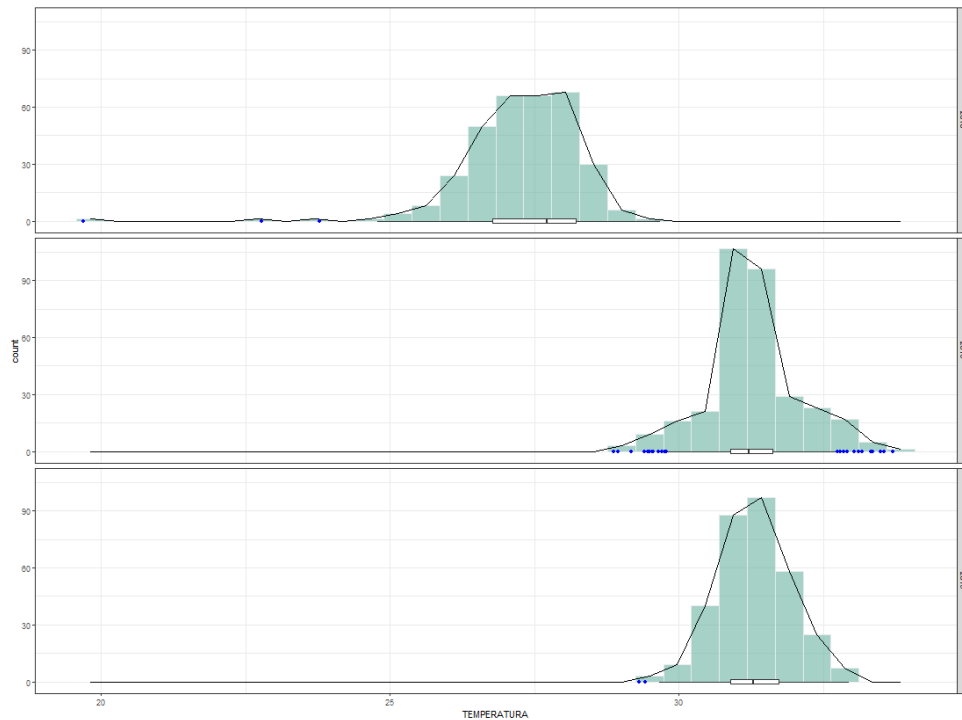
Figura 94: Temperatura superficial para Floresta periodo 2010 – 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (19.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (33.7°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2015, no obstante las temperaturas superficiales son muy similares al año 2019.

Figura 95: Análisis comparativo de temperatura superficial para La Floresta periodo 2010 - 2019



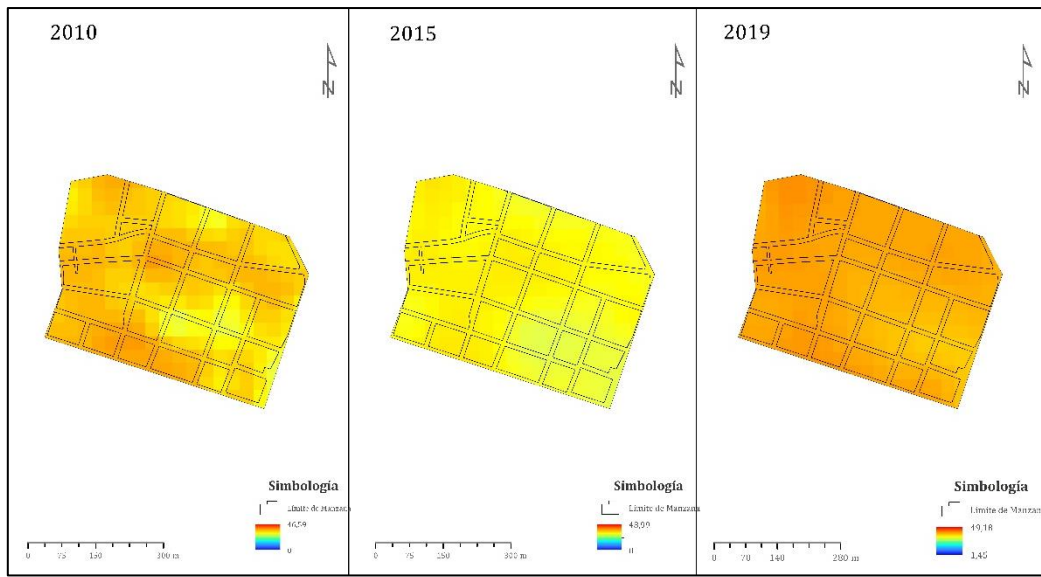
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al analizar la *distribución de los datos*, se observa que en el año **2010** tiene una distribución simétrica, lo que implicaría que la materialidad era similar en toda la zona de estudio en ese año, reflejando temperaturas superficiales similares. Para el año **2015** se observa que la distribución es simétrica, sin embargo destaca un incremento de áreas que reflejan una mayor temperatura superficial, lo que se evidencia por la presencia de dos picos que sobresalen del grupo de datos. En el año **2019** por su parte, se observa que la distribución de los datos, adopta nuevamente una distribución relativamente simétrica, lo que implicaría que el incremento de materiales que reflejan altas temperaturas se está homogenizando en este sector.

5.2.2.7. Miraflores Bajo

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº7 Miraflores Bajo, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 28.2°C y 30.1°C, siendo el valor máximo 32°C, el valor mínimo 24.7°C, el valor promedio es de 29.2°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 33.5°C y 34.5°C, el valor máximo es de 35.2°C, el valor mínimo es de 32°C y el valor promedio es de 33.9°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 32.4°C y 33.3°C, el valor máximo es de 34.5°C, el valor mínimo es de 30.9°C y el valor promedio es de 32.8°C.

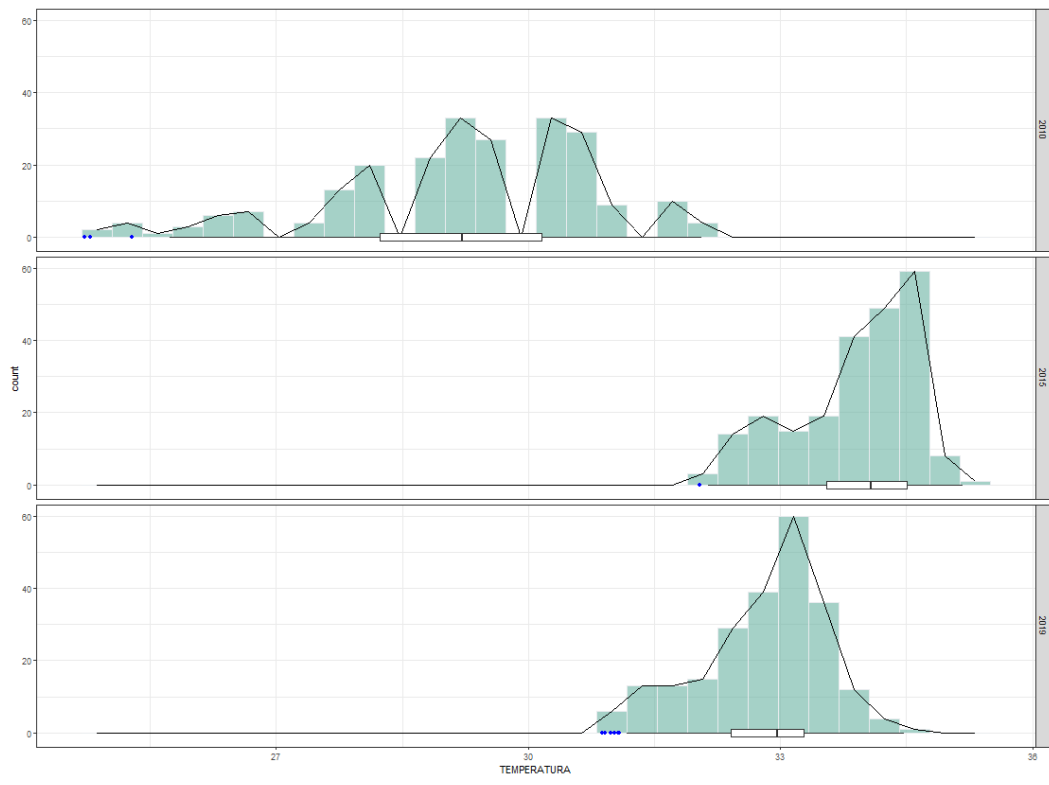
Figura 96: Temperatura superficial para Miraflores Bajo periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (24.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.1°C).

Figura 97: Análisis comparativo de temperatura superficial para Miraflores Bajo periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

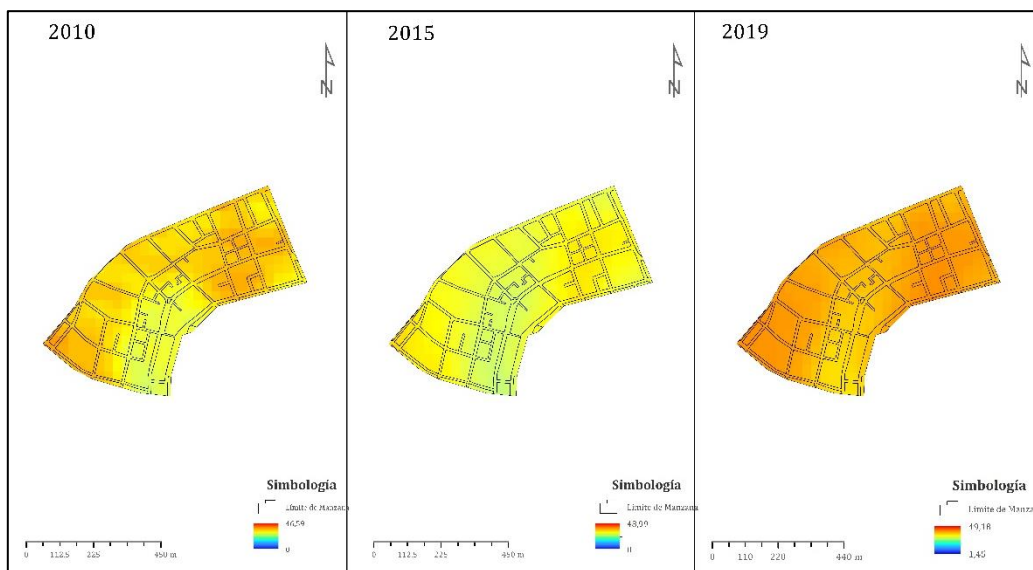
Al observar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que el comportamiento presenta una distribución truncada, con algunos sectores de poca superficie que reflejan temperaturas superficiales altas. Pese a esta distribución particular, se puede concluir que la materialidad refleja temperaturas superficiales homogéneas en ese sector para ese año.

En el año **2015**, se observa que la distribución es asimétrica negativa que implica que en este año existió una tendencia hacia zonas con materiales que reflejan mayor temperatura superficial. En el año **2019** en cambio, se observa que la distribución de los datos es más simétrica lo que indicaría que un proceso de homogeneización en la materialidad en esta zona, con temperaturas superficiales más homogéneas.

5.2.2.8. San Blas

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n°8 San Blas, se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 27.2°C y 29.7°C, siendo el valor máximo 32°C, el valor mínimo 22.7°C, el valor promedio es de 28.2°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 32.4°C y 34.1°C, el valor máximo es de 35.6°C, el valor mínimo es de 30.4°C y el valor promedio es de 33.2°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 31.8°C y 33.6°C, el valor máximo es de 34.6°C, el valor mínimo es de 29.5°C y el valor promedio es de 33.5°C.

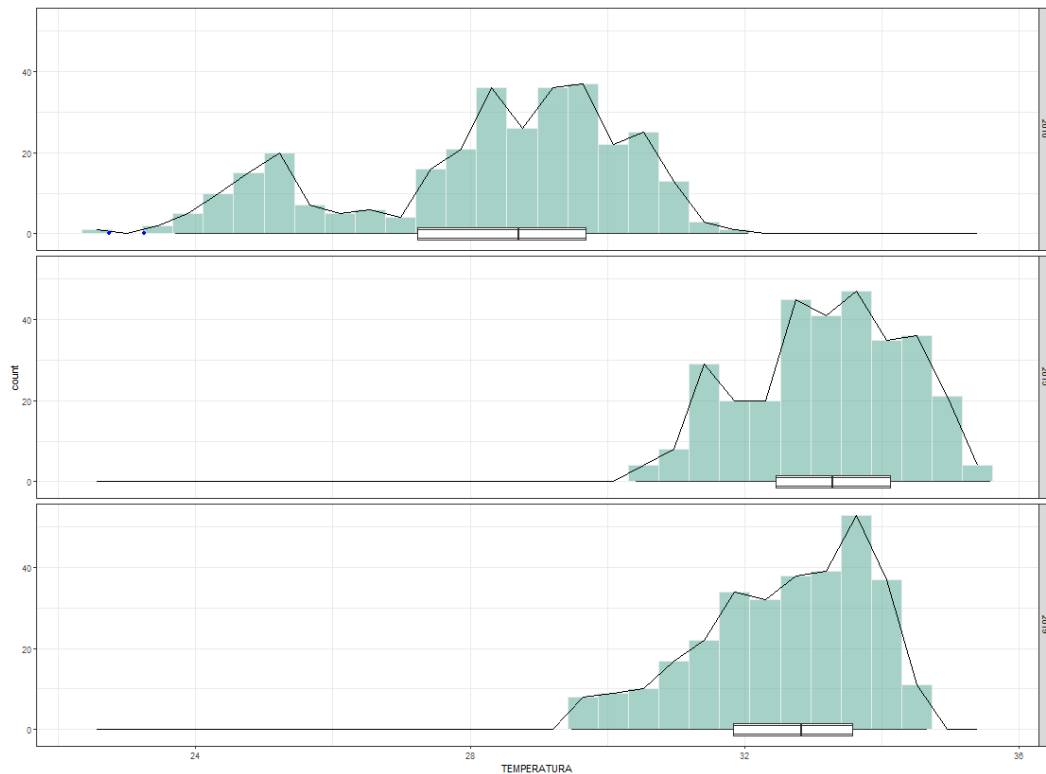
Figura 98: Temperatura superficial para San Blas periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (22.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.6°C).

Figura 99: Análisis comparativo de temperatura superficial para San Blas periodo 2010 - 2019



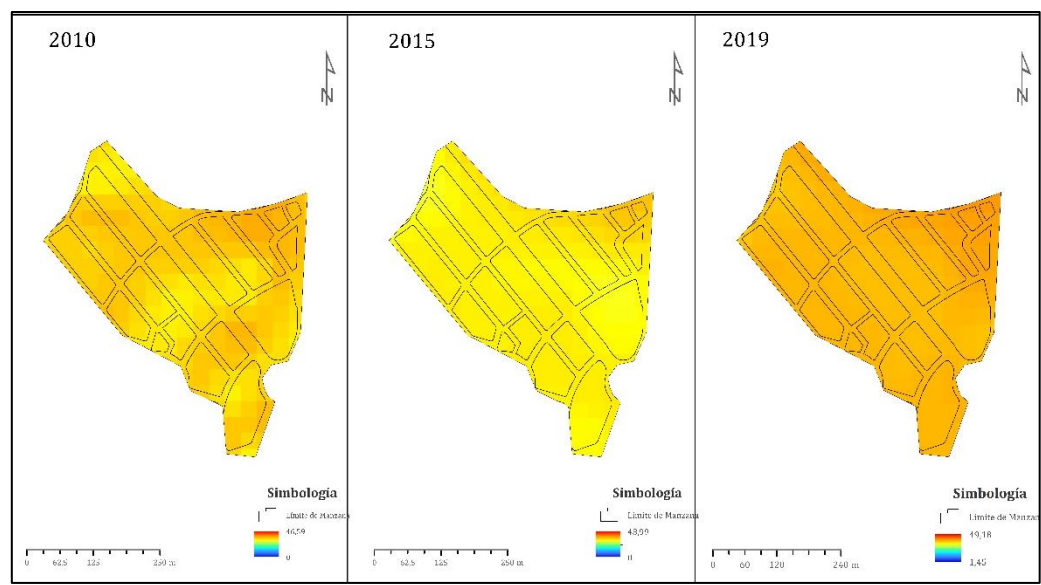
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que se trata de una distribución bimodal, lo que implica que en este año existían zonas con materiales que reflejan temperaturas superficiales similares entre sí, distinguiéndose clara mente dos zonas: la primera que refleja valores de temperatura superficial bajo y la segunda que refleja valores de temperatura superficial entre bajos y altos. Para el año **2015** se observa que las distribuciones bimodales detectadas en el 2010 se unifican, posiblemente debido al incremento de áreas con materiales que reflejan mayor temperatura superficial; la nueva distribución de los datos indicaría que para ese año la materialidad se homogenizó. Para el año **2019** se observa que la distribución de los datos va adquiriendo una distribución simétrica, lo que implicaría que la materialidad del sector refleja temperaturas superficiales más homogéneas.

5.2.2.9. Rodrigo de Chávez

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n⁹⁹ Rodrigo de Chávez se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 28.2°C y 29.6°C, siendo el valor máximo 31.2°C, el valor mínimo 27.2°C, el valor promedio es de 29.1°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 28.2°C y 29.7°C, el valor máximo es de 36.9°C, el valor mínimo es de 33.6°C y el valor promedio es de 34.6°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 31.9°C y 32.4°C, el valor máximo es de 33.8°C, el valor mínimo es de 32.3°C y el valor promedio es de 32.2°C.

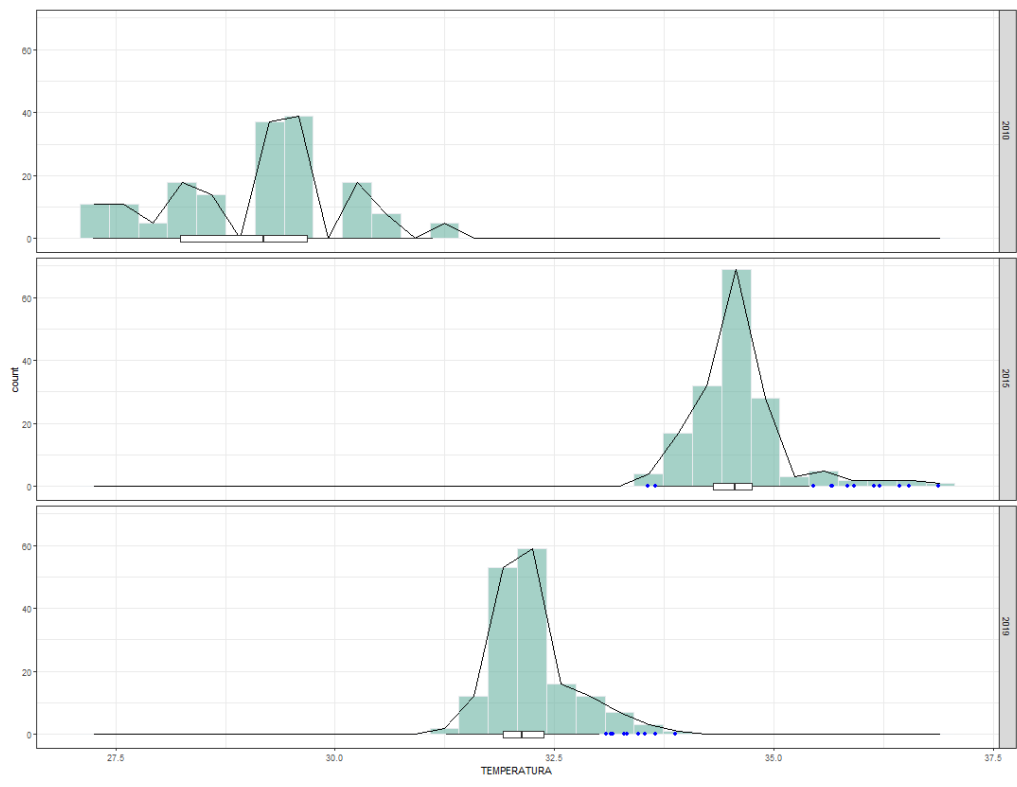
Figura 100: Temperatura superficial para Rodrigo de Chávez periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (27.4°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (36.8°C).

Figura 101: Análisis comparativo de temperatura superficial para Rodrigo de Chávez periodo 2010 - 2019



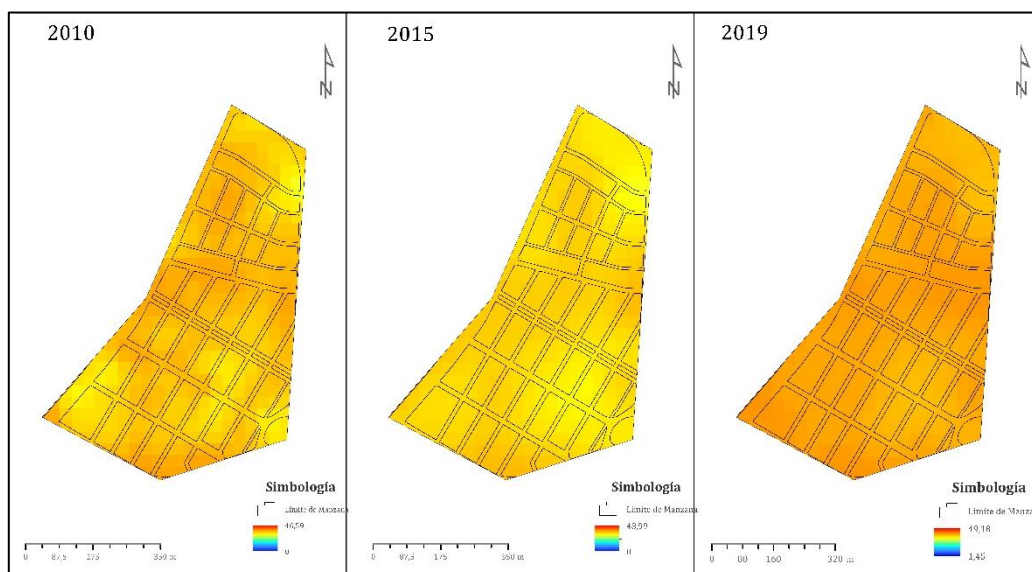
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que se trata de una distribución de datos truncada, esto podría deberse a la presencia de algún elemento puntual o áreas pequeñas con materiales que reflejan bajas temperaturas (primero de la izquierda) y también a áreas puntuales que reflejan altas temperaturas superficiales (los dos de la derecha). Al observarse una distribución truncada, podría decirse que la materialidad de este sector era homogénea en este año, con una tendencia hacia materiales que reflejan menor temperatura superficial. Para el año **2015**, se observa que los datos tienen una distribución simétrica, lo que implicaría que la materialidad en este sector se homogenizó derivando en temperaturas más homogéneas, se observa además que existen valores atípicos lo que implica el incremento de zonas con materiales que reflejan temperaturas superficiales más altas en ese año. En el año **2019** por su parte, se observa que las áreas que en el 2015 eran valores atípicos, ya van formando parte del grupo mayoritario de datos, lo que indicaría que la materialidad en el sector se está homogenizando; se observa además nuevos valores atípicos, que indican la incorporación de zonas que reflejan mayor temperatura superficial.

5.2.2.10. Teniente Hugo Ortiz

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona n°10 Teniente Hugo Ortiz se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 29.1°C y 30.6°C, siendo el valor máximo 32°C, el valor mínimo 25.8°C, el valor promedio es de 29.7°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 35.1°C y 36°C, el valor máximo es de 37°C, el valor mínimo es de 33.7°C y el valor promedio es de 35.6°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 32.5°C y 33.3°C, el valor máximo es de 34.2°C, el valor mínimo es de 31.4°C y el valor promedio es de 32.9°C.

Figura 102: Temperatura superficial para Tnte. Hugo Ortiz periodo 2010 - 2019

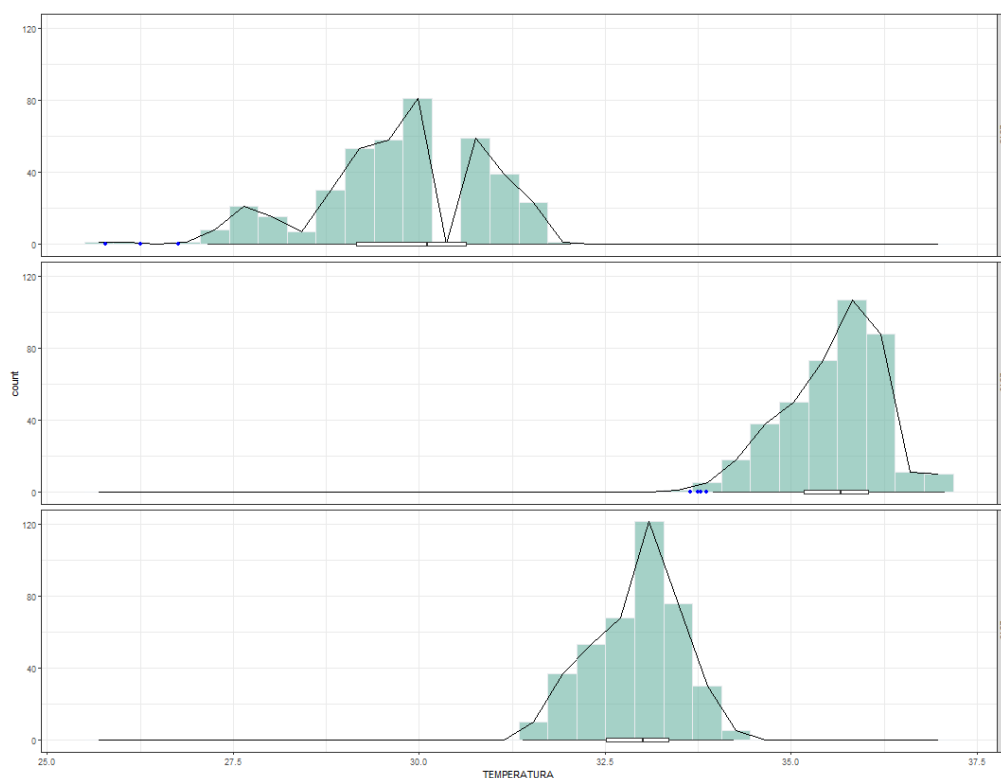


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (25.78°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.07°C).

Al observar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que se trata de una distribución bimodal: La primera distribución, contiene áreas con materiales homogéneos que reflejan temperaturas superficiales más bajas; y la segunda distribución es de tipo truncada, lo que indicaría que la materialidad de la zona es homogénea con temperaturas superficiales altas, pero que presenta además áreas pequeñas materiales que reflejan altos valores de temperatura superficial, que posteriormente en 2015 se integran al conjunto de datos. Para el año **2015** se observa que la distribución es asimétrica negativa, lo que implica que la zona en su mayoría, presenta materiales que reflejan temperaturas superficiales altas. Para el año **2019** se observa que la distribución de los datos es simétrica, lo que indica que la materialidad en la zona se homogenizó, lo que implicaría que las temperaturas superficiales también son similares.

Figura 103: Análisis comparativo de temperatura superficial para Teniente Hugo Ortiz periodo 2010 - 2019



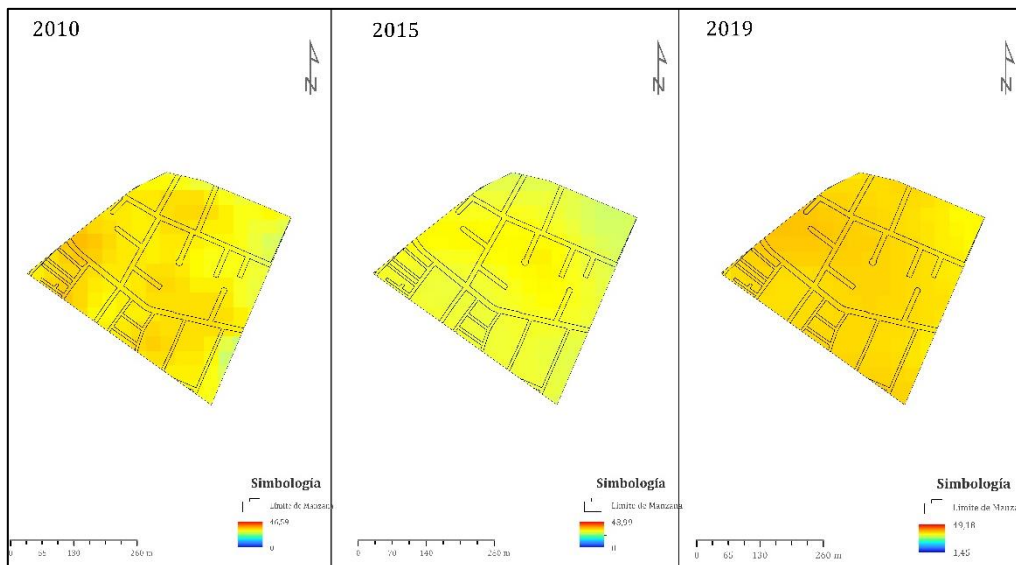
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.2.2.11. Mayorista

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº11 mayorista se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 26.7°C y 28.2°C, siendo el valor máximo 30.2°C, el valor mínimo 22.3°C, el valor promedio es de 27.4°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 32.8°C y 33.7°C, el valor máximo es de 34.5°C, el valor mínimo es de 30.9°C y el valor promedio es de 33.1°C. En el **2019** se observa que la

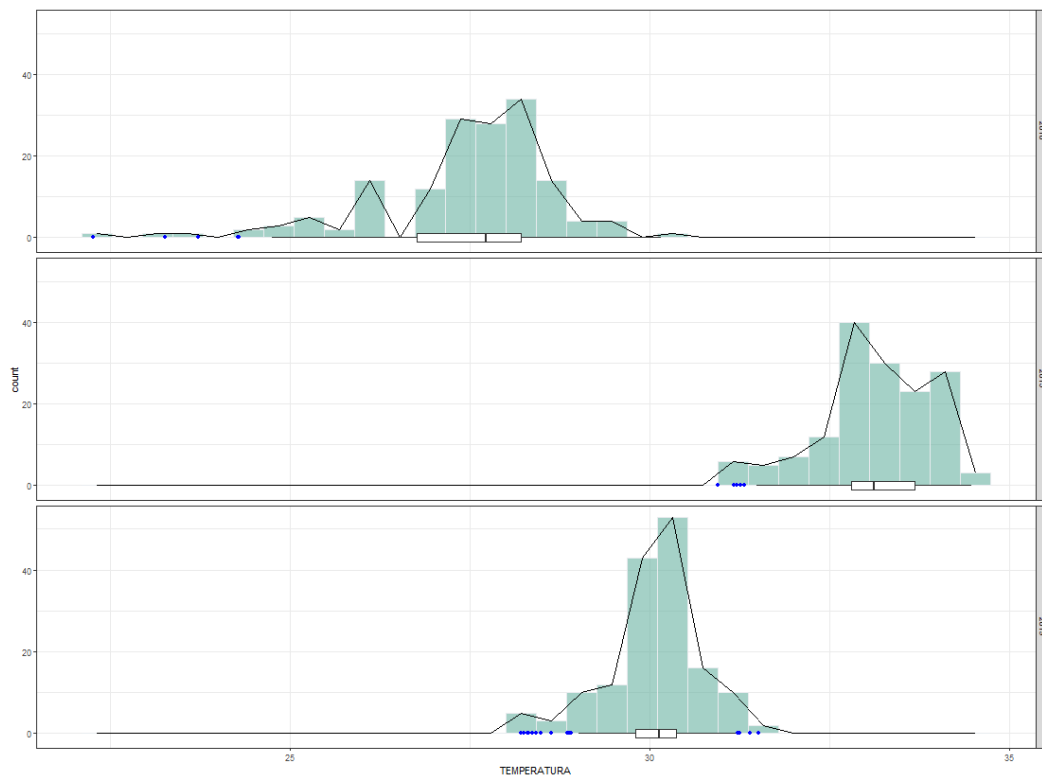
temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 29.8°C y 30.4°C, el valor máximo es de 31.5°C, el valor mínimo es de 28.2°C y el valor promedio es de 30°C. La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (22.2°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (34.5°C).

Figura 104: Temperatura superficial para Mayorista periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Figura 105: Análisis comparativo de temperatura superficial para Mayorista periodo 2010 - 2019



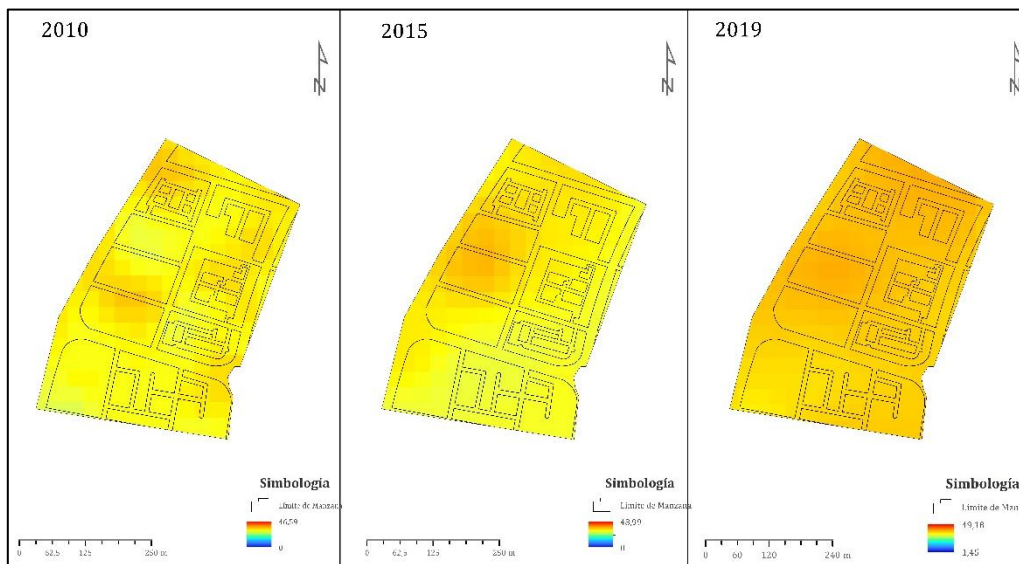
Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al observar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que se trata de una distribución sin un patrón definido lo que indicaría que la materialidad de la zona es heterogénea; de forma general se observa una tendencia hacia áreas que reflejan temperaturas superficiales más altas; y un segundo sector con materiales que reflejan temperaturas superficiales más bajas, que posteriormente en 2015 se integran con características similares al resto. Para el año **2015** se observa que la zona está homogenizándose adoptando una distribución asimétrica negativa, que implica la predominancia de materiales que reflejan temperaturas superficiales más altas. En el **2019** la distribución de los datos nos indica que la zona continúa homogenizándose, con el predominio de sectores con materiales que reflejan temperaturas superficiales media-altas.

5.2.2.12. Quitumbe

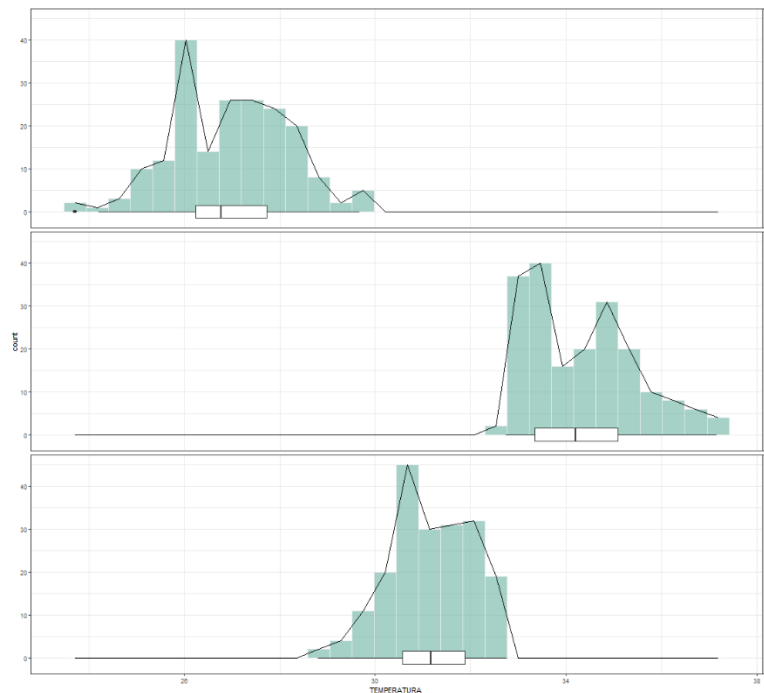
De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº12 Quitumbe se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 26.3°C y 27.7°C, siendo el valor máximo 29.68°C, el valor mínimo 23.7°C, el valor promedio es de 26.9°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 33.4°C y 35°C, el valor máximo es de 37.1°C, el valor mínimo es de 32.7°C y el valor promedio es de 35°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 30.6°C y 31.9°C, el valor máximo es de 32.7°C, el valor mínimo es de 28.8°C y el valor promedio es de 31.2°C.

Figura 106: Temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (23.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.1°C).

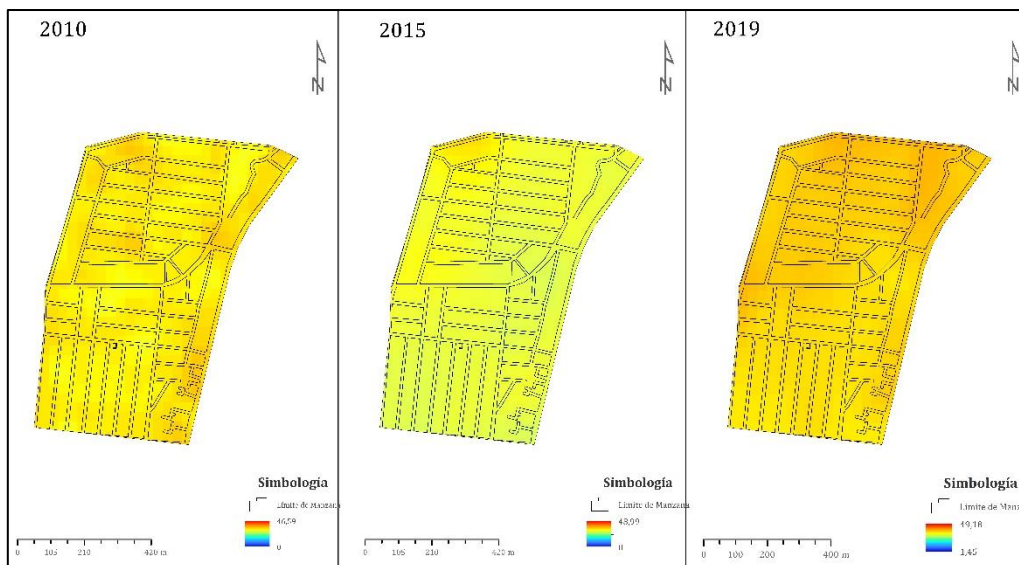
Figura 107: Análisis comparativo de temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

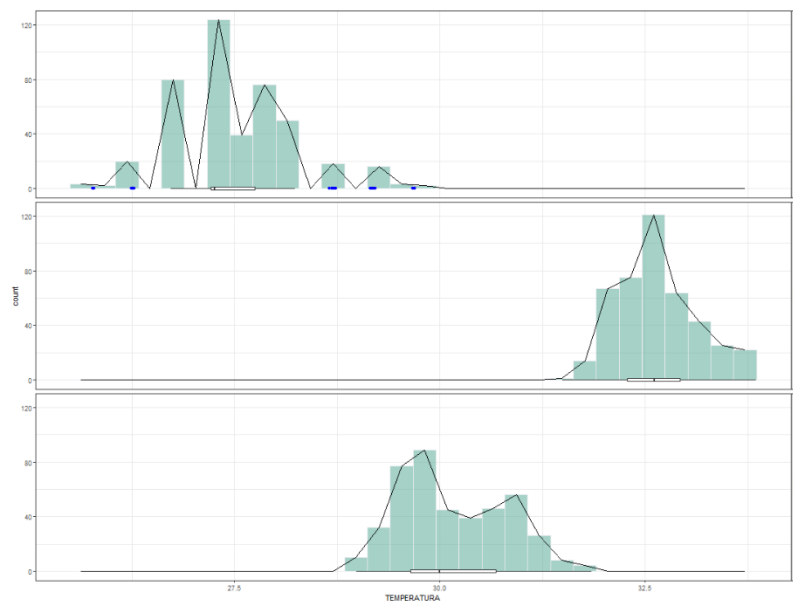
Al analizar la *distribución de los datos*, en el **2010** se observa que se presenta un patrón no definido, lo que indica que se trataría de una zona heterogénea en cuanto a la materialidad, en la que existen zonas que reflejan temperaturas superficiales altas y bajas, con una ligera predominancia de zonas con materiales que reflejan una temperatura superficial más baja. En el año **2015** se observa una distribución simétrica con dos picos aislados lo que indica que la zona está en proceso de homogenización respecto a su materialidad, pero que existen dos áreas importantes que reflejan temperaturas superficiales más bajas. En el año **2019** se observa una distribución más simétrica lo que implicaría que la zona está adoptado una materialidad más homogénea con una predominancia de las zonas con materiales que reflejan una mayor temperatura superficial.

5.2.2.13. Nueva Aurora

De acuerdo a los datos obtenidos, para la Zona nº13 Nueva Aurora se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio para el año **2010** se encuentra entre los 27.2°C y 27.8°C, siendo el valor máximo 29.7°C, el valor mínimo 25.8°C, el valor promedio es de 27.5°C. En el año **2015** se obtiene que la temperatura superficial predominante se encuentra entre los 32.3°C y 32.9°C, el valor máximo es de 33.8°C, el valor mínimo es de 31.5°C y el valor promedio es de 32.6°C. En el **2019** se observa que la temperatura superficial predominante en su territorio se encuentra entre los 29.6°C y 30.7°C, el valor máximo es de 31.8°C, el valor mínimo es de 28.9°C y el valor promedio es de 30.1°C.

Figura 108: Temperatura superficial para Quitumbe periodo 2010 - 2019

La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (23.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.1°C).

Figura 109: Análisis comparativo de temperatura superficial para Nueva Aurora periodo 2010 - 2019

Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Al analizar la *distribución de los datos*, se observa que en el **2010** la zona tiene una materialidad relativamente homogénea con una tendencia a materiales que reflejan temperaturas superficiales más bajas. En el año **2015** se observa una distribución simétrica positiva que indica una predominancia a zonas con materiales que reflejan temperaturas superficiales más bajas. En el año **2019** se observa que la distribución tiende a ser bimodal, lo que indica que la materialidad de la zona está diversificándose con el incremento de zonas que reflejan temperatura superficial más alta.

5.2.3. Variaciones de temperatura superficial para el período 2010 - 2019 para las parroquias urbanas y periurbanas

En esta sección se realiza un análisis de la variación de temperatura para los periodos 2010-2015 y 2015-2019, en el que se identifica el valor promedio de cambio para cada grupo analizado. Así el análisis hace una distinción entre parroquias urbanas y rurales, y toma en cuenta la localización geográfica de las mismas. A continuación los resultados:

En el caso de las parroquias urbanas los grupos analizados por localización geográfica son:

- **Norte:** Belisario Quevedo, Carcelén, Cochapamba, Comité del Pueblo, Concepción, Cotocollao, El Condado, Iñaquito, Jipijapa, Kennedy, Mariscal Sucre, Ponceano, Rumipamba y San Isidro del Inca.
- **Centro:** Centro Histórico, Itchimbía, La Libertad y San Juan,
- **Sur:** Chilibulo, Chillogallo, Chimbavalle, Guamaní, La Argelia, La Ecuatoriana, La Ferroviaria, La Magdalena, La Mena, Puengasí, Quitumbe, San Bartolo, Solanda y Turubamba

5.2.3.1. Parroquias Urbanas

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales de forma general se observa que en el año 2015, las **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMAS** en las parroquias del **NORTE DE QUITO**, se incrementan respecto al 2010 en promedio en 4°C; no obstante existen parroquias como Carcelén donde el incremento es de 7.4°C, Comité del Pueblo donde el incremento es de 13°C, o las parroquias El Condado y San Isidro del Inca, donde los incrementos en las temperaturas superficiales bordean los 9°C. En las parroquias del **CENTRO DE QUITO**, en promedio las temperaturas superficiales entre 2010 y 2015 se incrementan en 4 grados, sin embargo existen casos como en la parroquia Itchimbía, en la que la temperatura máxima registrada en 2010 de 34.1°C y en 2015 fue de 48°C, resultando en un incremento de 13.9°C. En el caso de las parroquias del **SUR DE QUITO**, el incremento de temperatura superficial máxima en promedio es de 5 grados, donde los casos de incremento más alto se dan en las parroquias Chilibulo (7.4°C) La Ecuatoriana y La Ferroviaria, ambas con incrementos de 8°C. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura en la parroquia.

Así mismo, al analizar los cambios entre 2015 y 2019, se observa que en las parroquias del **NORTE DE QUITO**, la temperatura superficial disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 1.2°C, el caso más notable es la parroquia San Isidro del Inca donde la disminución es el 3.6°C; solamente en el caso de Carcelén y Belisario Quevedo existe incremento de temperatura superficial en 3°C y 0.3°C respectivamente. Para el caso de las parroquias del **CENTRO DE QUITO**, se observa que la temperatura superficial máxima entre 2015 y 2019 disminuye hasta en 1.2 grados; la parroquia La Libertad aumenta 0.7°C y la parroquia Itchimbía disminuye en 10.5°C. En el caso de las parroquias del **SUR DE QUITO**, la temperatura superficial máxima disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 2.6°C, el caso más notorio es en Chillogallo donde baja 5.5°C.

Por otra parte, al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS**, se observa que en las parroquias del **NORTE DE QUITO** entre el 2010 y 2015 se han incrementado en 6°C

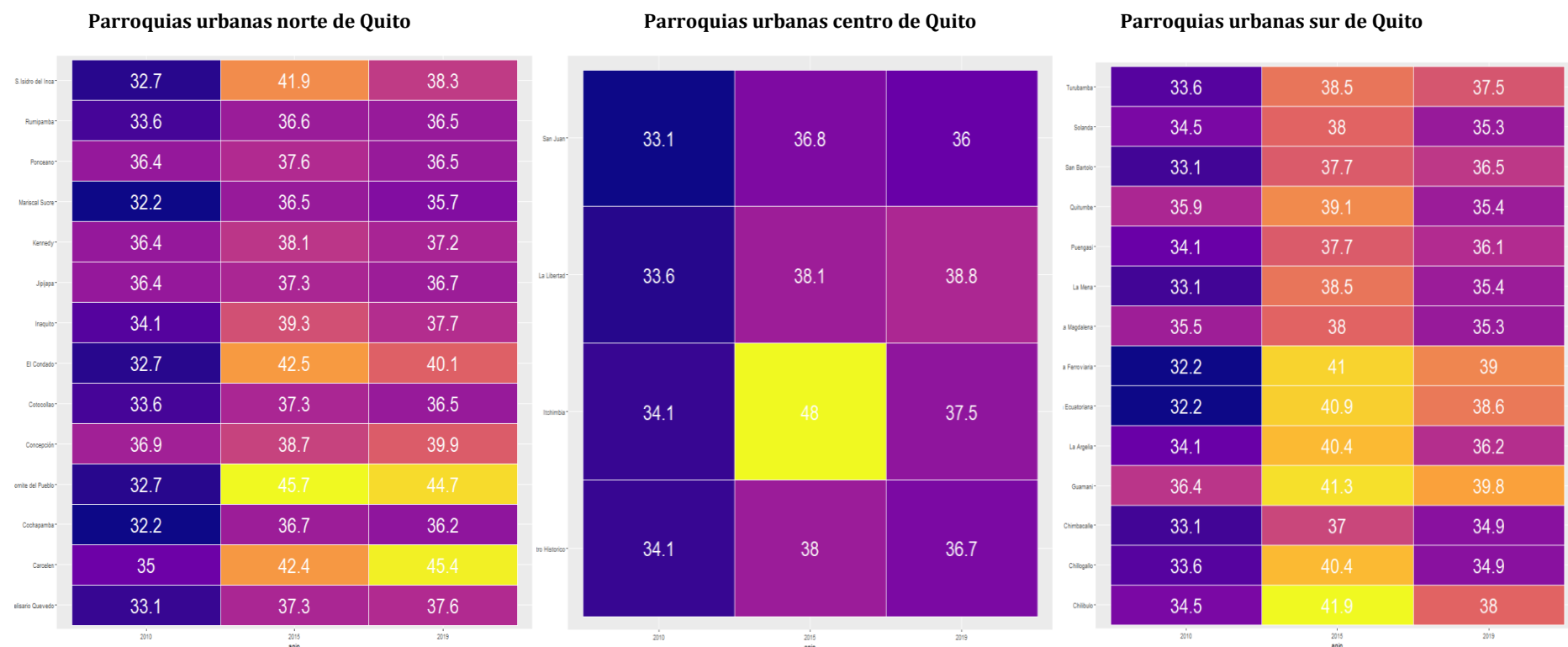
en promedio, siendo el incremento más alto en las parroquias El Condado y Carcelén con 9.9°C y 8.5°C respectivamente. En el caso de las parroquias del **CENTRO DE QUITO** el incremento en promedio es de 6°C, siendo La Libertad la que mayor incremento sufrió (8°C). En las parroquias del **SUR DE QUITO** el incremento en promedio es de 6.8°C, siendo Guamaní y La Argelia las que mayor incremento tienen (8°C).

Para el periodo 2015-2019, se observa que en las parroquias del **NORTE DE QUITO** disminuyeron su temperatura superficial media en 1.2°C, de igual manera para las parroquias del **CENTRO DE QUITO** se observa un decremento promedio de 1.9°C; y en el **SUR DE QUITO** la disminución de la temperatura superficial media es en promedio de 2.5°C.

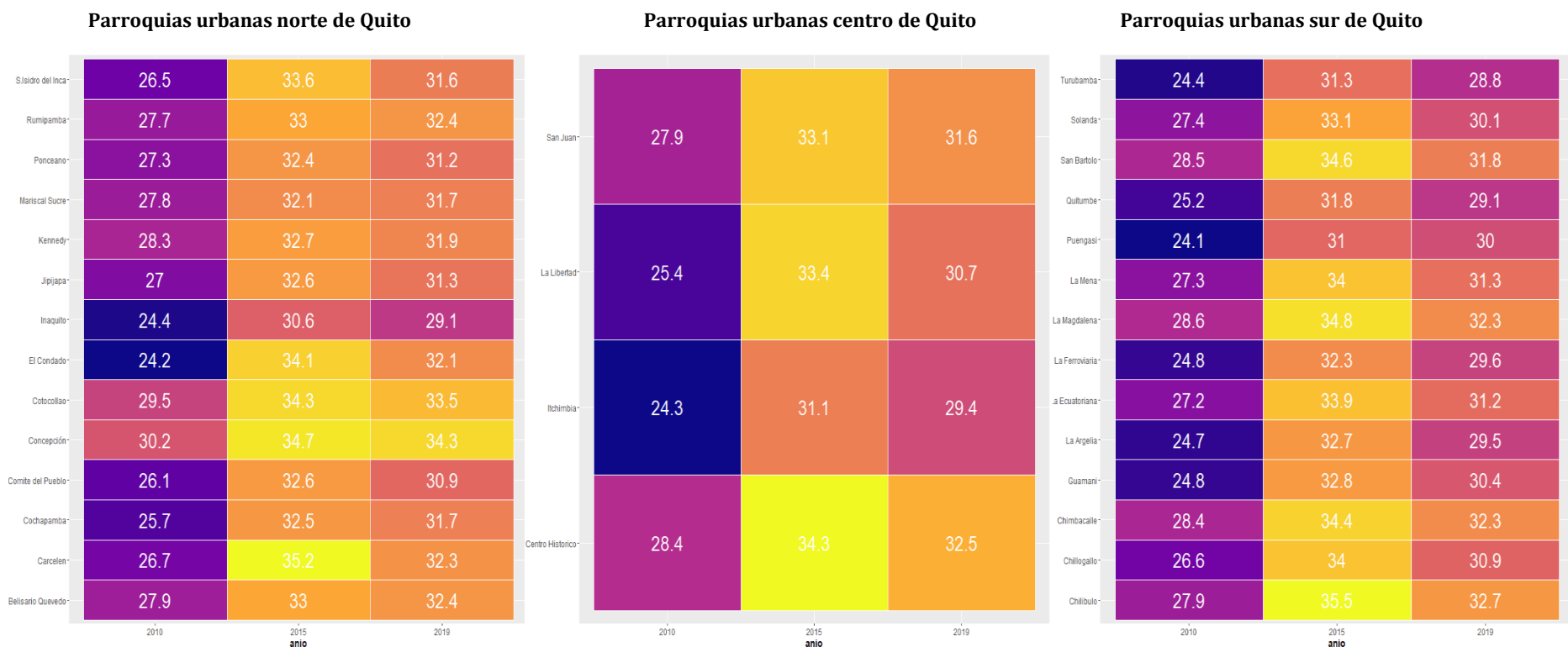
En el siguiente gráfico se muestra los valores de temperaturas superficiales máximas y medias de las parroquias urbanas de Quito y su evolución en el periodo 2010-2019.

Figura 110: Análisis comparativo de temperatura superficial parroquias urbanas de Quito periodo 2010 - 2019

Temperatura superficial **máxima**



Temperatura superficial **media**



5.2.3.2. Parroquias rurales

En el caso de las parroquias rurales los grupos analizados por localización geográfica son:

- **Norte:** Calacalí, Calderón, Guayllabamba, Llano Chico, Nono, Pomasqui, San Antonio y Zámbriza
- **Nororiente:** Checa, Cumbayá, El Quinche, Nayón, Pifo, Puenbo, Tababela, Tumbaco y Yaruquí,

Sur oriente: Alangasí, Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, La Merced y Pintag

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales de forma general se observa que en el año 2015, las **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMAS** en las parroquias RURALES del **NORTE DE QUITO**, se incrementó respecto del 2010 un promedio de 4.6°C, no obstante las parroquias de Nono y Zámbriza incrementaron en 11°C su temperatura superficial máxima. Para el caso de las parroquias **NOR ORIENTALES** de Quito, se observa que entre el 2010 y 2015, la temperatura superficial máxima se incrementó en promedio en 5.9°C; los casos más notables corresponde a las parroquias Tumbaco y Puenbo que tuvieron incrementos de 10.8°C y 12.1°C respectivamente; en el caso de las parroquias del **SUR ORIENTE** de Quito, el incremento de temperatura superficial máxima entre 2010 y 2015 en promedio es de 4.4 °C. En el caso de las parroquias de Tumbaco y Puenbo, el incremento es de 10.2°C y 12.1°C respectivamente. Para las parroquias del **SUR ORIENTE** de Quito, el incremento en las temperaturas superficiales máximas en promedio es de 13.2°C, siendo la parroquia de Conocoto la que menos incremento tuvo con 7.5°C y la parroquia de Guangopolo las que más incremento tuvo con 15.3°C. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura superficial en las parroquias.

Al analizar los cambios entre **2015 y 2019**, se observa que para las parroquias rurales del **NORTE DE QUITO**, existió un decrecimiento en promedio de 3.3°C; caso particular es el de Zámbriza en el que el decrecimiento alcanzó los 7.9°C; en el caso de las parroquias del **NORORIENTE**, se observa un decrecimiento promedio de 2.2°C, siendo Tumbaco la parroquia que mayormente decreció, con 4.7°C; para las parroquias del **SUR ORIENTE** de Quito se observa que también existió un decrecimiento promedio de 4.7°C, siendo Alangasí la que mayor decrecimiento tuvo con 8.5°C. No obstante, estos valores no implican un cambio general de la temperatura en dichas parroquias.

Al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS** para las parroquias RURALES, se observa que en el periodo **2010-2015** en las parroquias del **NORTE DE QUITO**, existió un incremento promedio de 7.8°C, siendo las parroquias de Llano Chico y Zámbriza las que mayor incremento tuvieron con cerca de 10°C. En el caso de las parroquias del **NOR ORIENTE**, se observa que en promedio existió un incremento en la temperatura superficial de 10.2°C, siendo la parroquia de Yaruquí, la que mayor incremento tuvo con 11.6°C; finalmente en las parroquias del **SUR ORIENTE** de Quito, se observa que el incremento de temperatura superficial media se incrementó en promedio en 14.7°C, siendo la parroquia de Pintag la que mayor incremento tuvo con 20.9°C.

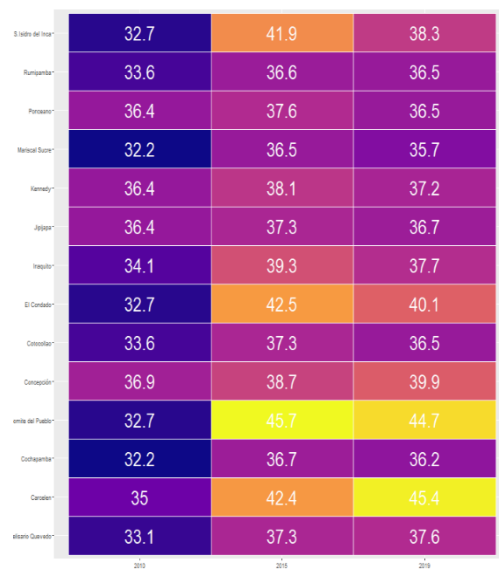
Para el periodo 2015-2019, en la parroquias del **NORTE DE QUITO**, se observa que existió un decrecimiento promedio de 3°C, en tanto que en las parroquias de **NOR ORIENTE** de Quito se observa que el decrecimiento promedio fue de 2°C; y finalmente en las parroquias del **SUR ORIENTE** de Quito el decrecimiento fue en promedio de 2.4°C

En el siguiente gráfico se muestra los valores de temperaturas superficiales máximas y medias de las parroquias urbanas de Quito y su evolución en el periodo 2010 -2019.

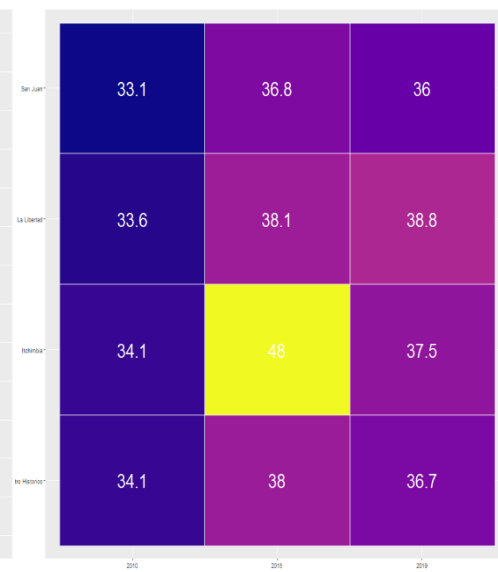
Figura 111: Análisis comparativo de temperatura superficial parroquias urbanas de Quito periodo 2010 - 2019

Temperatura superficial **máxima**

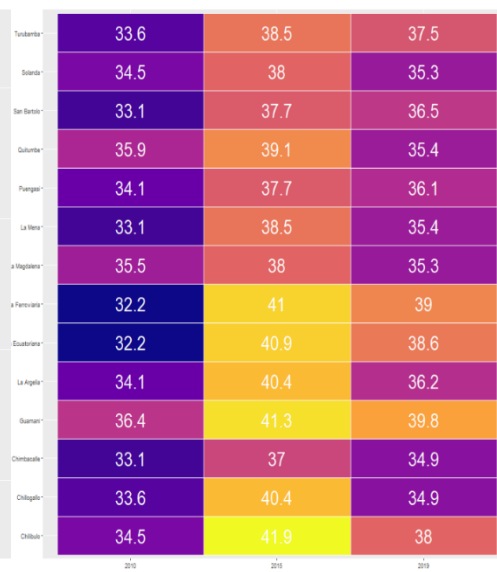
Parroquias rurales norte de Quito



Parroquias rurales nor oriente de Quito

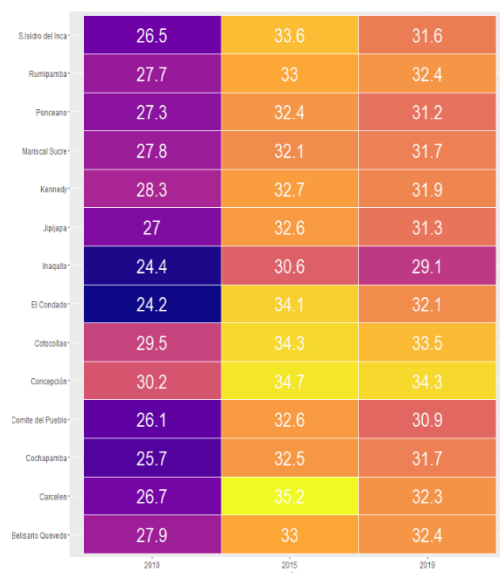


Parroquias rurales sur oriente de Quito

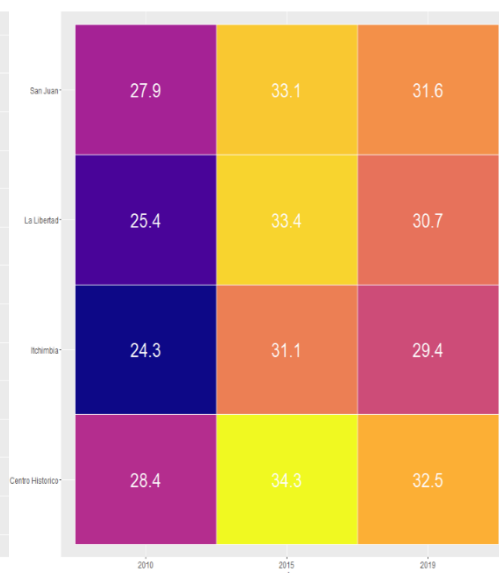


Temperatura superficial **promedio**

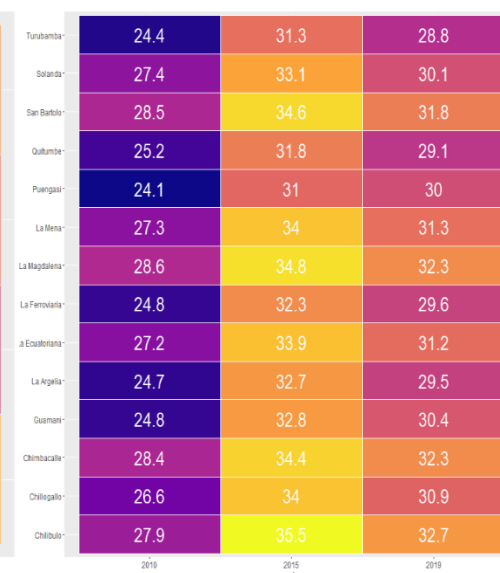
Parroquias rurales norte de Quito



Parroquias rurales nor oriente de Quito



Parroquias rurales sur oriente de Quito



5.2.4. Variaciones de temperatura superficial para el período 2010 - 2019 para las 13 zonas de estudio

A continuación se realiza un análisis comparativo entre todas las zonas piloto, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios.

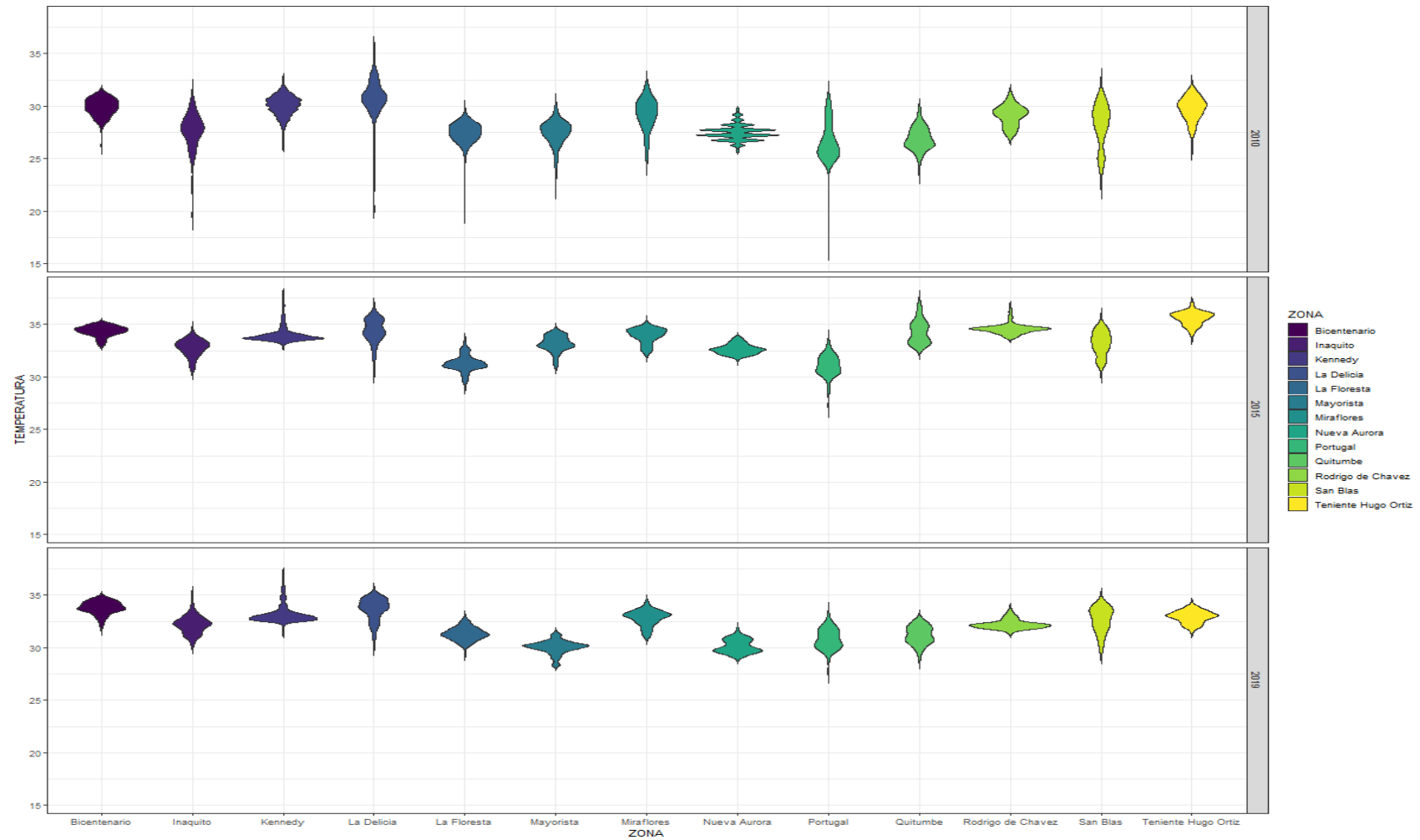
En el análisis comparativo, se puede observar que en el año **2010** las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, en su conjunto presentan las mayores temperaturas superficiales que el resto de zonas. Por otra parte las zonas de La Floresta, Mayorista y Nueva Aurora son las que en conjunto presentan las temperaturas superficiales más bajas. Las zonas de Bicentenario y La Floresta, poseen las temperaturas superficiales más uniformes en su territorio y Nueva Aurora la que presenta mayor heterogeneidad en las temperaturas superficiales. El punto de temperatura superficial más bajo, está en la zona Portugal y el punto más alto de temperatura superficial se encuentra en La Delicia.

Por otra parte, en el año **2015** se mantiene que las zonas de Kennedy, La Delicia se mantienen como las zonas con mayor temperatura superficial, no obstante en este año se incorporan además las zonas Quitumbe, Rodrigo de Chávez y Teniente Hugo Ortiz dentro de las zonas con mayor temperatura superficial. Por otra parte, las zonas de La Floresta y Portugal son las que presentan en conjunto la temperatura superficial más baja de las trece zonas. El punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal y el punto más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy.

En el año **2019**, las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, en su conjunto presentan las mayores temperaturas superficiales respecto al resto de zonas, en tanto que las zonas de Mayorista y Nueva Aurora son las que tienen las temperaturas superficiales más bajas. El punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal y el punto más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy.

Finalmente, si se observa la tendencia en conjunto de los tres años, podemos ver que la tendencia es la misma. En el gráfico siguiente se observa la distribución de los datos para cada zona de estudio para los años 2010, 2015, 2019.

Figura 112: Análisis comparativo de temperatura superficial para las 13 zonas



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

Adicionalmente se realiza un análisis de la variación de temperatura para los periodos 2010-2015 y 2015-2019, en el que se identifica el valor promedio de cambio para cada zona piloto analizado. Así el análisis hace una distinción grupos organizados de acuerdo a localización geográfica de las mismas. Los grupos son:

- Grupo1: La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal Iñaquito
- Grupo2: Miraflores Bajo, La Floresta, San Blas
- Grupo 3: Teniente Hugo Ortíz, Rodrigo de Chávez, Quitumbe, Nueva Aurora y Mayorista.

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales de forma general se observa que en el año 2015, las **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMAS** en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO**, se incrementan respecto al 2010 en promedio en 3°C; En las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO**, en promedio las temperaturas superficiales entre 2010 y 2015 se incrementan en 3.5°C. En el caso de las zonas piloto del **SUR DE QUITO**, el incremento de temperatura superficial máxima en promedio es de 5.3°C. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura en la parroquia.

Así mismo, al analizar los cambios entre 2015 y 2019, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO**, la temperatura superficial disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 0.6°C, solamente en el caso de Iñaquito existe incremento de temperatura superficial en 0.63°C. Para el caso de las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO**, se observa que la temperatura superficial máxima entre 2015 y 2019 disminuye hasta en 0.8 grados;. En el caso de las zonas piloto del **SUR DE QUITO**, la temperatura superficial máxima disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 3°C.

Por otra parte, al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS**, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO** entre el 2010 y 2015 se han incrementado en 4.3°C en promedio. En el caso de las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO** el incremento en promedio es de 4.9°C. En las zonas piloto del **SUR DE QUITO** el incremento en promedio es de 5.9°C.

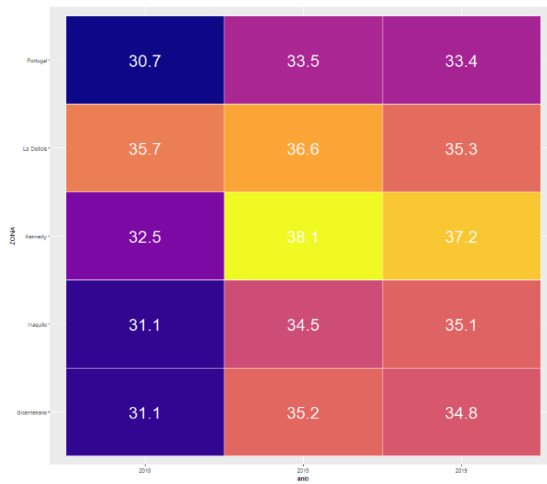
Para el periodo 2015-2019, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO** disminuyeron su temperatura superficial media en 0.6°C, de igual manera para las parroquias del **CENTRO DE QUITO** se observa un decremento promedio de 0.5°C; y en el **SUR DE QUITO** la disminución de la temperatura superficial media es en promedio de 2.7°C.

En el siguiente gráfico se muestra los valores de temperaturas superficiales máximas y medias de las zonas piloto y su evolución en el periodo 2010-2019.

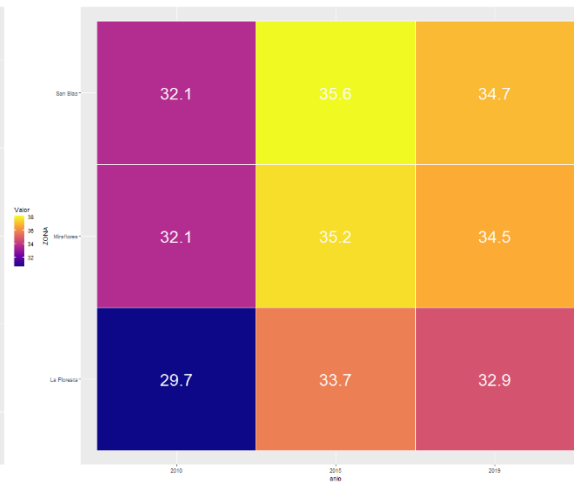
Figura 113: Análisis comparativo de temperatura superficial máxima para zonas piloto periodo 2010 - 2019

Temperatura superficial **máxima**

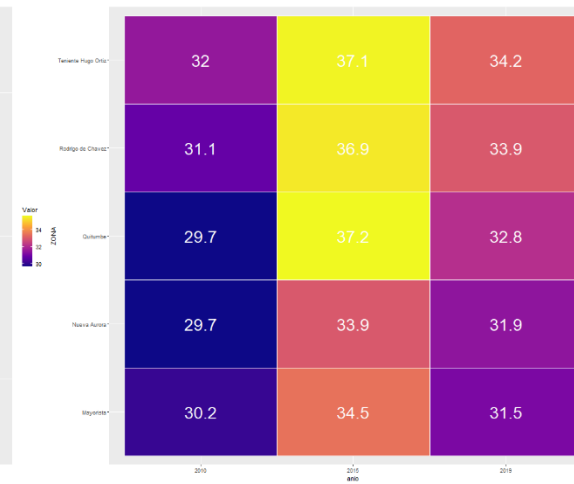
Zonas piloto norte de Quito



Zonas piloto centro de Quito



Zonas piloto sur de Quito

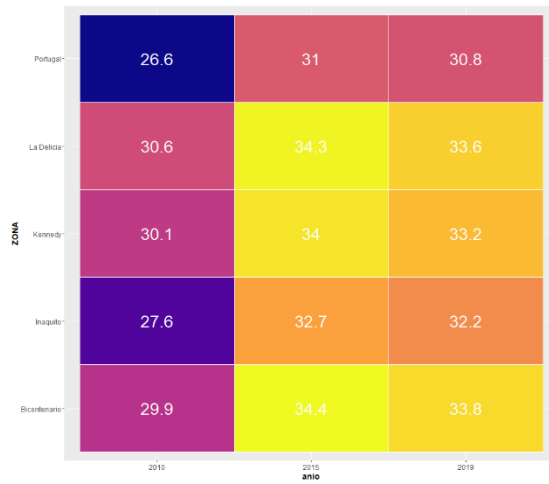


Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

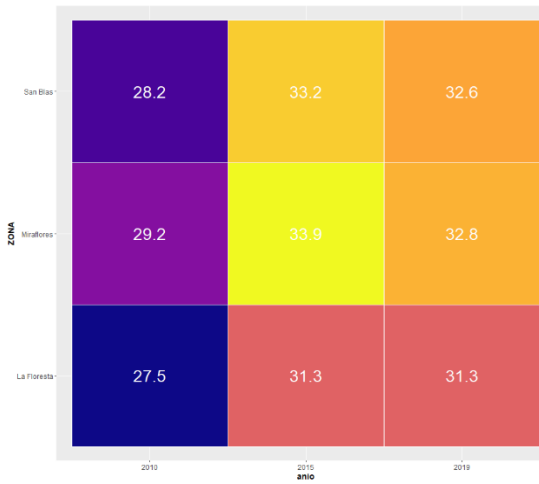
Figura 114: Análisis comparativo de temperatura superficial máxima para zonas piloto periodo 2010 - 2019

Temperatura superficial **media**

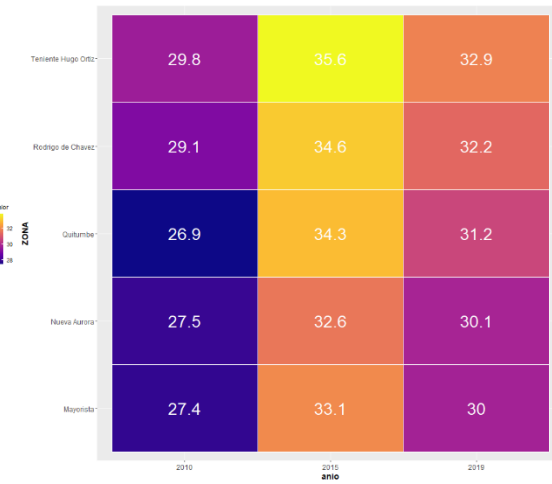
Zonas piloto norte de Quito



Zonas piloto centro de Quito



Zonas piloto sur de Quito



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

5.3. Conclusiones La Fase I

5.3.1. Conclusiones Análisis Multitemporal para 55 parroquias

En el contexto general, se concluye que en los tres años de análisis, la parroquia Calderón figura siempre entre las 5 parroquias con mayor temperatura superficial con valores máximos de temperatura que superan los 40°C; lo propio ocurre con la parroquia Tababela, que aparece en las 8 primeras parroquias con temperatura superficial más alta en los 3 años de análisis, con valores superiores a los 40°C; así como la parroquia San Antonio, que aparece en los tres años de análisis dentro de las 10 parroquias con temperaturas superficiales máximas, con valores superiores a los 43°C, todas estas parroquias son de tipo rural y los valores de mayor temperatura superficial NO responden a zonas consolidadas.

De forma específica se concluye que para el año **2010** el pico más alto de temperatura superficial se encuentra en la parroquia de San Antonio, que corresponde a una mezcla entre suelos desnudos de origen antropogénico, zonas consolidadas y/o arbustos secos; en segundo lugar se encuentra la parroquia El Quinche con 43.5°C de temperatura superficial máxima donde se observan cultivos de ciclo corto; en tercer lugar se encuentra la parroquia de Guayllabamba con 43.1°C. Dentro de las parroquias urbanas, la parroquia Concepción es la que tiene la temperatura superficial máxima con 36.8°C, en segundo y tercer lugar las parroquias Kennedy y Ponceano con un valor de Ts máxima de 36.4°C. Para este año la parroquia que presenta la temperatura superficial máxima más baja, es Guangopolo con 30.28°C, seguida de Nono y Amaguaña, ambas con temperaturas superficiales máximas de 30.76°C.

Para el año **2015**, se concluye que las mayores temperaturas superficiales máximas se localizan en las parroquias rurales de Zábiza, Tumbaco, Puembo, Alangasí con 49°C. En el caso de Zábiza y Tumbaco el pico más alto de temperatura superficial corresponde a arbustos secos, en el caso de Puembo el pico más alto de temperatura superficial, responde a suelos cultivados y a invernaderos, y para el caso de Alangasí el pico más alto de temperatura superficial se localiza en zonas urbanizadas. Al analizar las parroquias urbanas, la parroquia que presentaba la mayor temperatura superficial es Itchimbía con una temperatura superficial máxima de 48°C, seguida de Comité del Pueblo con 45.7°C y en tercer lugar la parroquia El Condado con 42.5°C de temperatura superficial máxima. Por otra parte, la parroquia urbana con la temperatura superficial máxima más baja es Mariscal Sucre con 36.5°C, seguida de Rumipamba con 36.6°C y Cochapamba con 36.7°C.

Para el año **2019** se observa que la parroquia de Puembo es la que presenta la temperatura superficial máxima más alta con 49.2°C, que se localiza sobre los invernaderos de bella Flor Group; seguida de Guayllabamba con 46.7°C localizada en el barrio Pueblo Viejo, donde se observa procesos de consolidación, así como en el sector La Sofía, San Juan y Bellavista que podrían deberse a la presencia de arbustales secos interandinos; en tercer lugar se encuentra la parroquia urbana de Carcelén con 45.41°C de temperatura superficial máxima que responde a la presencia de suelo desnudo que colinda con sectores en proceso de consolidación. La temperatura superficial máxima más baja se encuentra en las parroquias de Chimbacalle (34.9°C), Chillogallo (34.9°C) y La Magdalena (35.3°C).

Al analizar los cambios de temperatura entre el 2010 y 2015, se concluye que para la **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA**, las parroquias **URBANAS del norte de quito**, incrementaron su temperatura superficial respecto al 2010 en promedio en 4°C. En las parroquias del **centro de quito**, en promedio las temperaturas superficiales entre 2010 y 2015 se incrementan en 4 grados. En el caso de las parroquias del **sur de quito**, el incremento de temperatura superficial máxima en promedio es de 5 grados. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura en la parroquia.

Al analizar los cambios entre 2015 y 2019, se observa que en las parroquias del **norte de quito**, la temperatura superficial disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 1.2°C. Para el caso de las parroquias del **centro de quito**, se observa que la temperatura superficial máxima entre 2015 y 2019 disminuye hasta en 1.2 grados. En el caso de las parroquias del **sur de quito**, la temperatura superficial máxima disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 2.6°C.

Por otra parte, al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS**, se concluye que en las parroquias **URBANAS del norte de quito** entre el 2010 y 2015 se han incrementado en 6°C en promedio. En el caso de las parroquias del **centro de quito** el incremento en promedio es de 6°C, y en las parroquias del **sur de quito** el incremento en promedio es de 6.8°C.

Para el periodo 2015-2019, se observa que en las parroquias del **norte de quito** disminuyeron su temperatura superficial media en 1.2°C, el comportamiento es homogéneo en todas las parroquias del norte; de igual manera para las parroquias del **centro de quito** se observa un decremento promedio de 1.9°C; y en el **sur de quito** la disminución de la temperatura superficial media es en promedio de 2.5°C.

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales de forma general se concluye que en el año 2015, la **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA** en las parroquias **RURALES del norte de quito**, se incrementó respecto del 2010 un promedio de 4.6°C. Para el caso de las parroquias **nor orientales** de Quito, se observa que entre el 2010 y 2015, la temperatura superficial máxima se incrementó en promedio en 5.9°C. Para las parroquias del **sur oriente** de Quito, el incremento en las temperaturas superficiales máximas en promedio es de 13.2°C. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura en las parroquias.

Al analizar los cambios entre **2015 y 2019**, se concluye que para las parroquias **RURALES del norte de quito**, existió un decrecimiento en promedio de 3.3°C; en el caso de las parroquias del **nor oriente**, se observa un decrecimiento promedio de 2.2°C; para las parroquias del **sur oriente** de Quito se observa que también existió un decrecimiento promedio de 4.7°C. No obstante, estos valores no implican un cambio general de la temperatura en dichas parroquias.

Al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS** para las parroquias **RURALES**, se concluye que en el periodo **2010-2015** en las parroquias del **norte** de Quito, existió un incremento promedio de 7.8°C. En el caso de las parroquias del **nor oriente**, se concluye que en promedio existió un incremento en la temperatura superficial de 10.2°C; finalmente en las parroquias del **sur oriente** de Quito, se concluye que el incremento de temperatura superficial media se incrementó en promedio en 14.7°C. Para el periodo 2015-2019, en las parroquias del **norte de quito**, se concluye que existió un decrecimiento de 3°C, en tanto que en las parroquias de **nor oriente** de Quito se observa que el decrecimiento promedio fue de

2°C; y finalmente en las parroquias del **sur oriente** de Quito el decrecimiento fue en promedio de 2.4°C.

5.3.2. Conclusiones Zonas Piloto

Para la zona **La Delicia**, el análisis multiemporal de temperatura superficial para los años 2010, 2015 y 2020, indica que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (20.21°C) y la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (36.56°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas corresponden el año 2015.

Para la zona **Kennedy**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (26.25°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (38.15°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para **Bicentenario**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (26.2°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, es el 2015.

Para la zona **Portugal**, se observa que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (17.05°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.5°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, es el 2015.

En la zona **Iñaquito**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (19.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2019 (35.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2019.

Para la zona de **La Floresta**, se establece que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (19.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (33.7°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2015.

Para la zona **Miraflores Bajo**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (24.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2015.

Para la zona **San Blas**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (22.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (35.6°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas de las tres, es el 2015.

Par la zona **Rodrigo de Chávez**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (27.4°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (36.8°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para la zona **Teniente Hugo Ortiz**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (25.78°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.07°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para la zona **Mayorista**, se concluye que La temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (22.2°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (34.5°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para la zona **Quitumbe**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (23.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para la zona **Nueva Aurora**, se concluye que la temperatura más baja en los tres años es la del 2010 (23.7°C), la temperatura superficial más alta corresponde al año 2015 (37.1°C). De forma general en los tres años, el comportamiento de los datos nos indica que el año con las temperaturas superficiales más altas, corresponde al 2015.

Para el año **2010** las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, presentan las mayores temperaturas superficiales con respecto a las demás zonas. Por otra parte, las zonas de La Floresta, Mayorista y Nueva Aurora son las que en conjunto, presentan las temperaturas superficiales más bajas. El punto más alto de temperatura superficial se encuentra en La Delicia y el punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal.

En el año **2015**, las zonas de Kennedy y La Delicia se mantienen como las zonas con mayor temperatura superficial, no obstante se incorporan en este grupo las zonas Quitumbe, Rodrigo de Chávez y Teniente Hugo Ortiz. Por otra parte, la zona de La Floresta continúa dentro del grupo de zonas con temperatura superficial más baja conjuntamente con la zona Portugal. El punto más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy y el punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal.

En el año **2019**, las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, en su conjunto presentan las mayores temperaturas superficiales, en tanto que las zonas de Mayorista y Nueva Aurora son las que tienen las temperaturas superficiales más bajas. El punto de temperatura superficial más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy y el punto de temperatura superficial más baja se encuentra en la zona Portugal.

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales de forma general se observa que en el año 2015, las **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMAS** en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO**, se incrementan respecto al 2010 en promedio en 3°C; En las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO**, en promedio las temperaturas superficiales entre 2010 y 2015 se incrementan en 3.5°C. En el caso de las zonas piloto del **SUR DE QUITO**, el incremento de temperatura superficial máxima en promedio es de 5.3°C. No obstante, estos valores no implican un incremento general de la temperatura en la parroquia.

Así mismo, al analizar los cambios entre 2015 y 2019, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO**, la temperatura superficial disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 0.6°C, solamente en el caso de Iñaquito existe incremento de temperatura superficial en 0.63°C. Para el caso de las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO**, se observa que la temperatura superficial máxima entre 2015 y 2019 disminuye hasta en 0.8 grados;. En el caso de las zonas piloto del **SUR DE QUITO**, la temperatura superficial máxima disminuye en 2019 respecto a 2015 en promedio 3°C.

Por otra parte, al analizar las **TEMPERATURAS SUPERFICIALES MEDIAS**, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO** entre el 2010 y 2015 se han incrementado en 4.3°C en promedio. En el caso de las zonas piloto del **CENTRO DE QUITO** el incremento en promedio es de 4.9°C. En las zonas piloto del **SUR DE QUITO** el incremento en promedio es de 5.9°C.

Para el periodo 2015-2019, se observa que en las zonas piloto del **NORTE DE QUITO** disminuyeron su temperatura superficial media en 0.6°C, de igual manera para las parroquias del **CENTRO DE QUITO** se observa un decremento promedio de 0.5°C; y en el **SUR DE QUITO** la disminución de la temperatura superficial media es en promedio de 2.7°C.

En el siguiente gráfico se muestra los valores de temperaturas superficiales máximas y medias de las zonas piloto y su evolución en el periodo 2010-2019.

F A S E II

Esta segunda fase tiene por objetivo conocer en qué medida la vegetación arbórea ayuda a disminuir el efecto de isla de calor urbana, para ello se tomaron medidas térmicas en varios tramos de la ciudad con y sin vegetación, partiendo de la premisa de que a mayor altura y densidad de árboles por metro cuadrado mayor sombra generará y menor será la temperatura.

Para decidir los tramos idóneos primero se mapean cuatro criterios: la densidad de árboles por hectárea, rangos de altura del arbolado, temperatura superficial e índice de vegetación de diferencia normalizada, este trabajo previo permitió la identificación de 27 tramos repartidos en 8 zonas y 21 calles de la ciudad.

Los resultados demuestran que la vegetación influye en la disminución de la temperatura en dos escalas, una meso en la que los grandes parques ayudan a disminuir la temperatura superficial y una escala micro en la que el arbolado disminuye la temperatura del aire a la altura de un peatón, pero adicionalmente hay algunas características que deben cumplir los parques y el arbolado para que efectivamente cumplan la función termorreguladora en el microclima urbano.

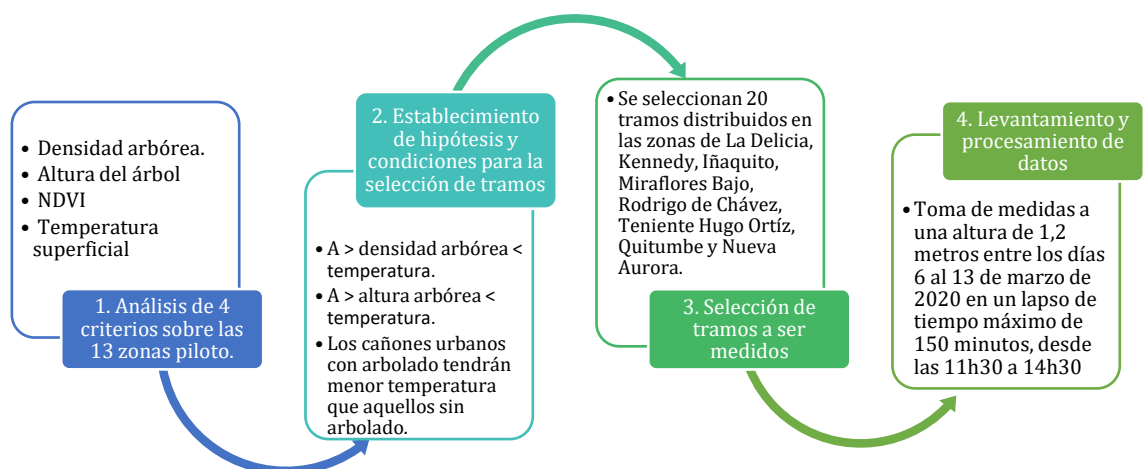
En definitiva los resultados comprueban el nivel de complejidad que implica este tipo de estudios y la necesidad de seguir investigando en la temática con equipos multidisciplinarios que integren profesionales expertos en especies arbóreas, lo que sí queda claro es que la vegetación influye en la temperatura a través de la sombra que proyecta sobre el suelo, los resultados demuestran que la temperatura del aire tomada bajo sombra de un árbol siempre es más baja que la de temperatura tomada sin sombra, el arbolado bien cuidado definitivamente brinda mejores condiciones térmicas para los peatones, por ejemplo, en la acera de la Av. de Los Algarrobos, en el barrio La Victoria, si estas bajo la sombra de un árbol al medio día, la temperatura del aire es de 19,5° C, a diferencia de 32° C si estas caminado sin sombra de un árbol, es decir que hay una diferencia de 12,4° C.

6.1 Área de estudio

El área de estudio coincide con el área del Plan Árbol, proyecto desarrollado por el Centro de Información Urbana de Quito, en el que se ha identificado la ubicación, altura, especie y otras características físicas del arbolado urbano en acera y parterre, dicha área corresponde a 13 zonas piloto distribuidas a lo largo del eje norte - sur de Quito, cuyos criterios de selección han sido explicados con anterioridad en el apartado metodológico. Para esta Fase II los datos utilizados son únicamente la ubicación y altura del arbolado urbano.

6.2 Metodología

Figura 115 Metodología Fase 2



Elaboración: Centro de Información Urbana de Quito (2020)

6.2.1. Análisis de 4 criterios.

Para la toma de datos in-situ se seleccionan algunos tramos de cañones urbanos de las 13 zonas piloto, cuyas características de arbolado permiten diferenciar entre temperatura del aire sin sombra versus temperatura del aire bajo sombra generada por la vegetación arbórea; para decidir los tramos idóneos primero se mapean cuatro criterios: la densidad de árboles por hectárea, rangos de altura del arbolado, temperatura superficial e índice de vegetación de diferencia normalizada (*NDVI* por sus siglas en inglés).

La densidad arbórea se calcula mediante el método de Kernel⁵ aplicado a los puntos de ubicación de cada árbol con un radio de búsqueda de 10 metros, se entiende que a mayor densidad mayor será la sombra proyectada sobre el suelo. En el segundo criterio se establecen 4 rangos de altura del arbolado, 50 cm a 3 metros, que corresponde a un árbol que no genera sombra útil sobre la acera o

⁵ Densidad de Kernel es una herramienta de ArcGis que calcula la densidad de las entidades vecinas en un radio o ancho de banda determinado, en este caso el ancho de banda es igual a 10m.

parterre; de 3 a 6 metros de altura, que ya tienen un efecto de sombra; de 6 a 15 metros, y el último rango que supera los 15 metros hasta los 24m.

Estos rangos son tomados del Manual Técnico de Arbolado Urbano del Distrito Metropolitano de Quito que establece tres categorías según la altura: árboles pequeños (hasta 6 metros), medianos (hasta 15 metros), y grandes (mayores a 15 metros) (Polo Abad, 2016). En este estudio se subclasifica en dos categorías a los árboles pequeños en función de su capacidad de generar sombra sobre la acera o parterre.

La temperatura superficial corresponde a la imagen satelital del 4 de marzo de 2020 y es útil a escala urbana macro ya que las bandas infrarrojas térmicas 10 y 11 de Landsat 8 tienen una resolución de un pixel de 100 m² pero puede ser remuestreada a 30 metros con las bandas multiespectrales del sensor OLI (Ariza, 2013). A pesar de la baja resolución este análisis es útil porque se puede relacionar la temperatura superficial con el NDVI y comprobar en qué medida la vegetación arbórea registrada en las 13 zonas influencia en la temperatura superficial.

El NDVI es calculado a partir de la imagen satelital del 4 de marzo de 2020 Landsat 8 tiene una resolución de 30 m², este análisis nos permite conocer la existencia y el estado de la vegetación, desde césped hasta arbolado denso, evidentemente a esta escala no se puede relacionar con los árboles registrados en las 13 zonas piloto de manera individual, a menos que cubran un área extensa igual o superior a 15 metros; este análisis ayuda principalmente para evaluar áreas con vegetación propia de parques, riberas de ríos y quebradas o lotes baldíos.

Analizar este índice permite conocer cómo la vegetación identificada influencia en la temperatura superficial y del aire a escala macro, contrarrestando resultados finales de temperatura entre zonas con mayor o menor cercanía a zonas continuas de vegetación arbórea. Tanto la temperatura superficial como el NDVI corresponden al procesamiento de la imagen satelital tomada el 4 de marzo de 2020.

6.2.2. Tres hipótesis y tres condiciones

Se parte del supuesto general de que el arbolado urbano influye en la disminución de la temperatura dentro del cañón urbano, por lo tanto, haciendo uso de los 4 criterios anteriores se establecen tres hipótesis específicas que guiarán la selección de los tramos a medir:

- Hipótesis 1: A mayor densidad de árboles menor será la temperatura y viceversa.
- Hipótesis 2: A mayor altura de los árboles menor será la temperatura y viceversa.
- Hipótesis 3: Los cañones urbanos con arbolado tendrán menor temperatura que aquellos cañones sin arbolado urbano.

Adicionalmente, para la selección de tramos se considera la igualdad de condiciones en función de dos criterios: igual orientación e igual dimensión de la sección de vía. La orientación del tramo es otro factor importante debido a que las horas de radiación que recibe un cañón urbano este – oeste es mayor versus un cañón urbano orientado norte – sur, por esta razón los tramos a comparar deben tener igual condición (Bustamante & Orellana, 2017).

El ancho de la vía también influye debido a las posibilidades de ventilación del calor radiante retenido en el cañón urbano, además la sección de la vía se vincula directamente con la altura de las edificaciones y por ende en la capacidad de generar sombra y de almacenar calor en el volumen edificado (T. Oke, 1988).

6.2.3. Selección de los tramos a ser medidos

En base a las hipótesis y condiciones explicadas se seleccionan los tramos que mayores posibilidades de comparación ofrecen. Para ello se consideran dos aspectos adicionales, la temporalidad de la toma de medidas y la distribución espacial a lo largo del área urbana de Quito. Con respecto a la temporalidad las temperaturas deben ser tomadas en el menor tiempo posible para evitar que los cambios térmicos por factores como viento y altitud del sol influyan en los resultados, de hecho en todos los tramos a comparar se registraron sus temperaturas en un lapso de tiempo no superior a los 25 minutos. Con respecto a la distribución espacial se procura tener muestras que cubran norte, centro y sur de la ciudad y que coincidan con las 13 zonas piloto.

6.2.4. Equipo y levantamiento de datos térmicos

Las temperaturas se registran con tres termohigrómetros digitales HTC-2 que permiten la medición de temperatura interna y externa, la humedad relativa interior, fecha y hora. El rango de temperatura exterior de estos equipos es de $-50^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ con una precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ y una resolución de $0,1^{\circ}\text{C}$; la humedad relativa interior con un rango de 10% a 99% con una precisión $\pm 5^{\circ}\text{C}$ y una resolución de 1%.

Figura 116: Higrohidrómetro digital HTC-2



Elaboración: CIUQ (2020)

El levantamiento de las temperaturas se realiza con dos personas de apoyo en campo y la investigadora responsable de la Fase II, cubriendo los mismos tramos durante cinco días y registrando en fichas diseñadas previamente para el levantamiento de cada tramo codificado (Ver anexo 1)

Las medidas se realizan a una altura de 1,2 metros entre los días 6 a 13 de marzo de 2020 en un lapso de tiempo máximo de 150 minutos y de máxima radiación, desde las 11h30 a las 14h30, nótese que los tramos a comparar fueron monitoreados en un periodo de tiempo no superior a los 25 minutos, de tal modo que permita hacer comparaciones válidas. En total se midieron 27 tramos de diferentes longitudes que van desde 125 a 750 metros.

6.2.5. Limitaciones del estudio

En Quito existen casos en los que los árboles de acera han sido mutilados o reconfigurados mediante una poda no adecuada, impidiendo su crecimiento o transformándolos con formas geométricas (Nicholls Andrade, 2018), situación que disminuye las posibilidades de prestar servicios ecológicos y ambientales.

En ese contexto es necesario aclarar que las hipótesis planteadas parten de asumir que todos los árboles tienen una copa adecuada. Para eliminar las posibilidades de casos con copas mutiladas o podas incorrectas se identifica el primer rango de altura de árboles menores a tres metros, sin embargo no se descarta del todo la posibilidad de encontrar este tipo de problemas en árboles de mayor altura. El estado de mantenimiento del árbol es una característica física con la que no se cuenta en el estudio.

En la fase de campo debido a las distancias de desplazamiento y las limitaciones de movilidad iniciadas el 16 de marzo debido al COVID – 19, impidieron el levantamiento completo de 3 de las 9 zonas escogidas, Miraflores Bajo y Rodrigo de Chávez en las cuales solo se levantó información durante dos días y cuyos resultados si se exponen en la investigación, y La Floresta en la que se registró datos térmicos de un solo día y cuyos resultados no se exponen en el estudio debido a su insuficiencia. Las 7 zonas restantes cumplen con los 5 días de levantamiento.

6.3 Resultados

6.3.1. Resultados según criterios de densidad arbórea, rangos de altura de los árboles, temperatura superficial e índice de vegetación de diferencia normalizada

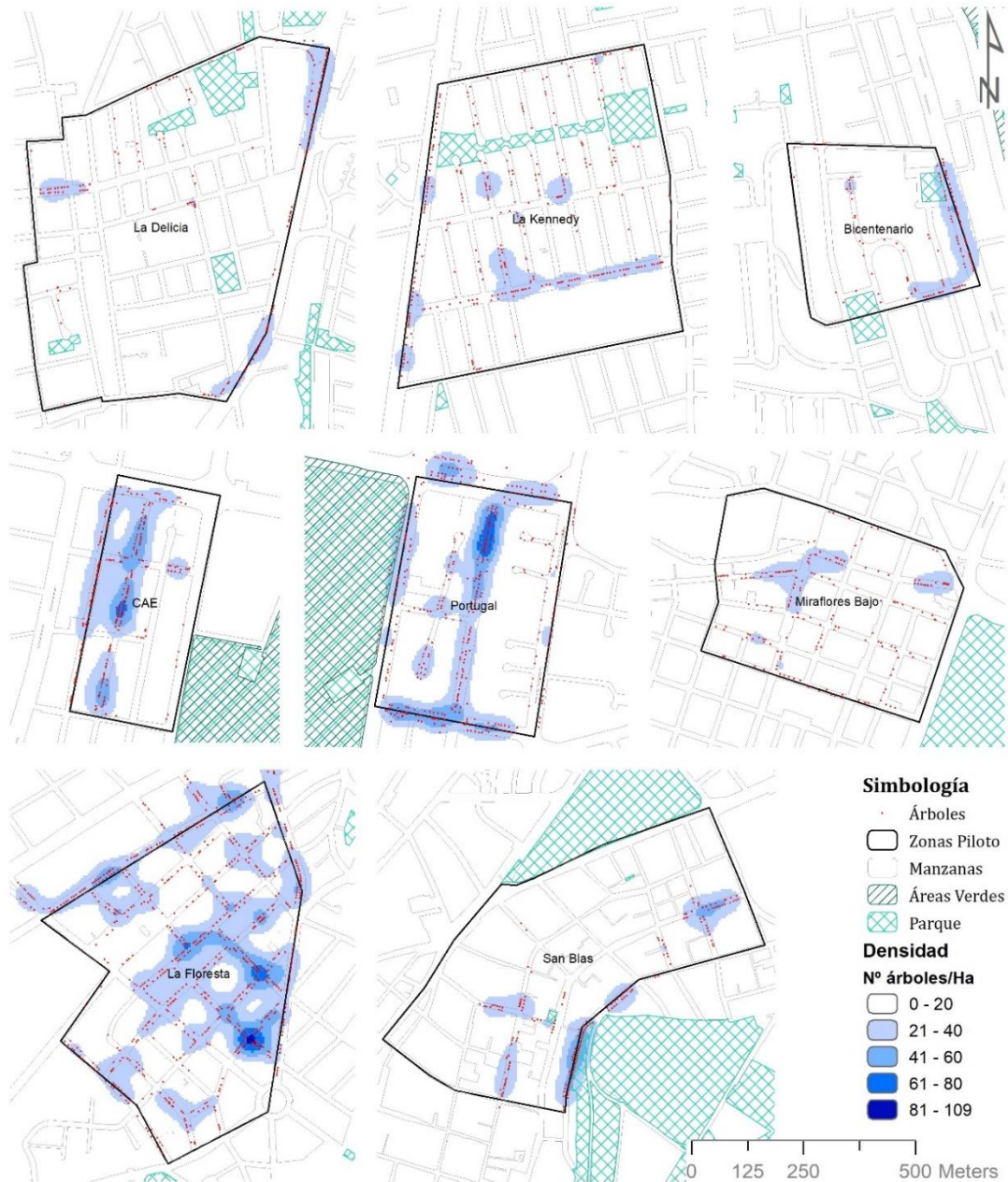
Se establecen 5 rangos de densidad cuyo máximo va de 81 a 109 árboles/hectárea, estos casos se encuentran en puntos específicos de La Floresta (768 árboles), Teniente Hugo Ortiz (460 árboles) y Quitumbe (251 árboles); el siguiente rango que va de 61 a 80 árboles/hectárea se aprecian en las zonas de Iñaquito y Portugal con 248 y 451 árboles respectivamente.

Tabla 4: Resultados de rango de altura y densidad de árboles de las 13 zonas piloto

Cod	Zona Nombre	Área (Ha)	Nº total de árboles	Árboles según su altura total (m)										Densidad de Kernel Nº/ha					
				0,5 a 3		3,1 a 6		6,1 a 15		15,1 a 24		Total		0-20	21 a 40	41 a 60	61 a 80	81 a 109	
				Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%						
Z1	La Delicia	40,6	178	43	24	95	53	40	22	0	0	178	100		x				
Z2	Kennedy	36,5	299	170	57	127	42	2	1	0	0	299	100		x				
Z3	Bicentenario	13,1	114	49	43	54	47	9	8	2	2	114	100		x				
Z4	Portugal	18,8	451	82	18	283	63	86	19	0	0	451	100				x		
Z5	CAE-Iñaquito	12,6	248	17	7	206	83	25	10	0	0	248	100				x		
Z6	Miraflores Bajo	20,5	185	19	10	87	47	79	43	0	0	185	100		x				
Z7	La Floresta	29,4	768	247	32	325	42	181	24	15	2	768	100					x	
Z8	San Blas	27,8	190	45	24	79	42	62	33	4	2	190	100			x			
Z9	Rodrigo de Chavez	15,0	224	100	45	67	30	45	20	12	5	224	100			x			
Z10	Tnte. Hugo Ortiz	35,7	460	100	22	125	27	207	45	28	6	460	100					x	
Z11	Mayorista	14,0	6	1	17	5	83	0	0	0	0	6	100	x					
Z12	Quitumbe	17,3	251	130	52	115	46	6	2	0	0	251	100					x	
Z13	Nueva Aurora	52,1	305	66	22	50	16	174	57	15	5	305	100			x			
TOTALES			333,1	3679	1069	29	1618	44	916	25	76	2	3679	100					

Elaboración: CIUQ (2020)

Figura 117 Densidad de Kernel arbórea de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.



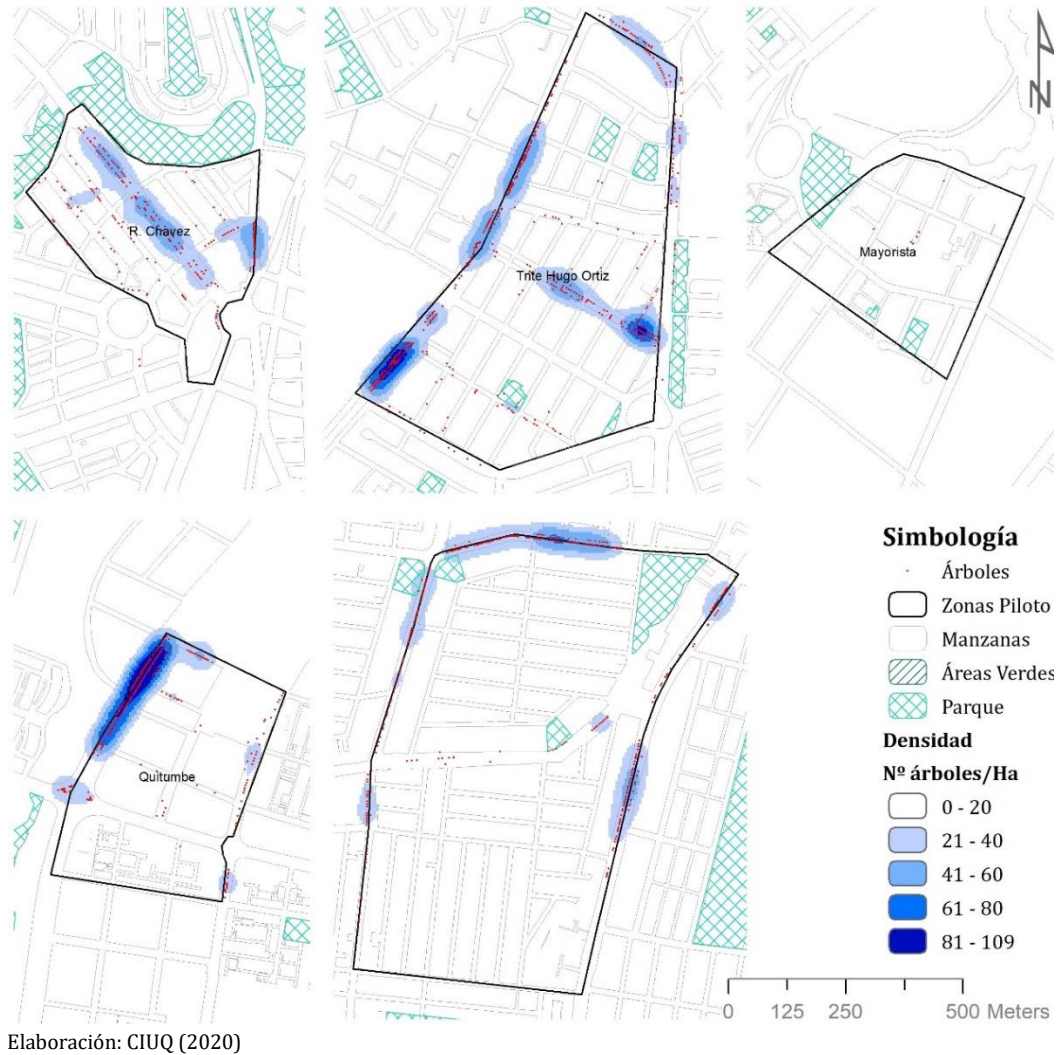
Elaboración: CIUQ (2020)

El detalle de la distribución de los tramos viales más densos se visualiza en las Figuras 115 y 116 evidenciando que a excepción de La Floresta e Iñaquito, la mayor densidad arbórea se encuentra en los parterres de las vías principales.

Además dicha densidad varía a lo largo del tramo, así por ejemplo la mayor densidad arbórea en La Floresta corresponde a tres intersecciones viales entre Guipuzcoa y Mallorca, Vizcaya y Lugo,

Valladolid y Glavis; mientras que en Iñaquito es un tramo corto de apenas 35 m, en la zona Teniente Hugo Ortiz de 78 m, en la Portugal de 100 m, y en Quitumbe de 181 metros.

Figura 118: Densidad de Kernel arbórea de Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.



En las 13 zonas piloto existe un total de 3679 árboles de los cuales el 29% (1069 árboles) están entre 0,5 a 3 metros, el 44% (1618 árboles) tienen una altura de 3,1 a 6 metros; un 25% (916 árboles) varían de 6,1 a 15 metros y solo un 2% (76) entre 15,1 a 24 metros; es decir que el 71% de los árboles están en condición de generar sombra siempre y cuando tengan una copa cuidada y sus ramas no estén mutiladas.

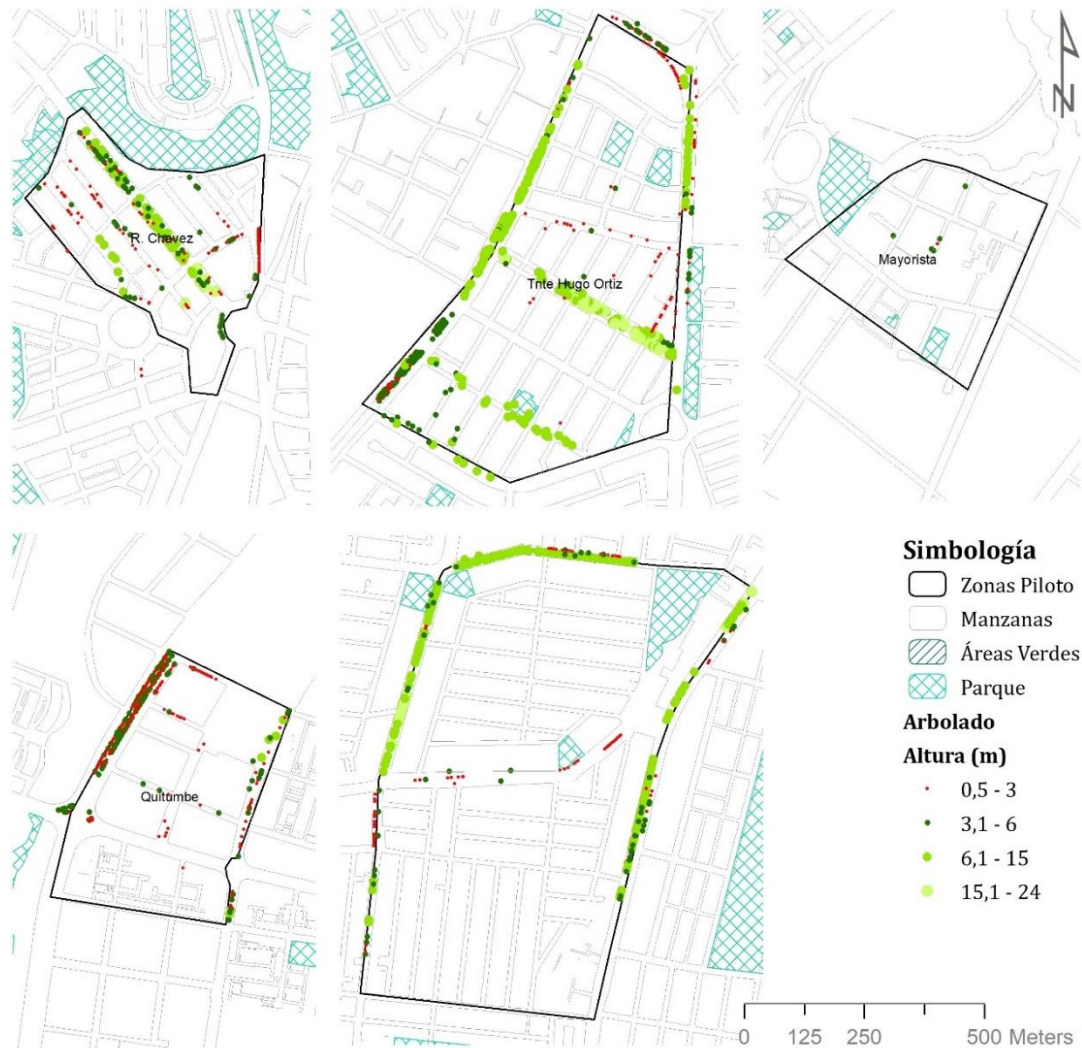
Figura 119: Rangos de altura del arbolado en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.



Elaboración: CIUQ (2020)

El detalle de la distribución de los tramos viales según rangos de altura de los árboles se visualiza en las Figuras 117 y 118 evidenciando un dominio de árboles muy pequeños, entre 0,5 a 3 metros, en las zonas Kennedy y Quitumbe correspondientes al 57% y 52% del total de su arbolado. El Bicentenario y Rodrigo de Chávez tienen 45% y 43% respectivamente de árboles muy pequeños y en el resto de zonas este rango está por debajo del 32% de sus árboles. Con respecto a la distribución espacial, los árboles más pequeños de La Delicia, Kennedy, Bicentenario y Rodrigo de Chávez, coincide con vías locales de acceso a vivienda.

Figura 120: Rangos de altura del arbolado en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.

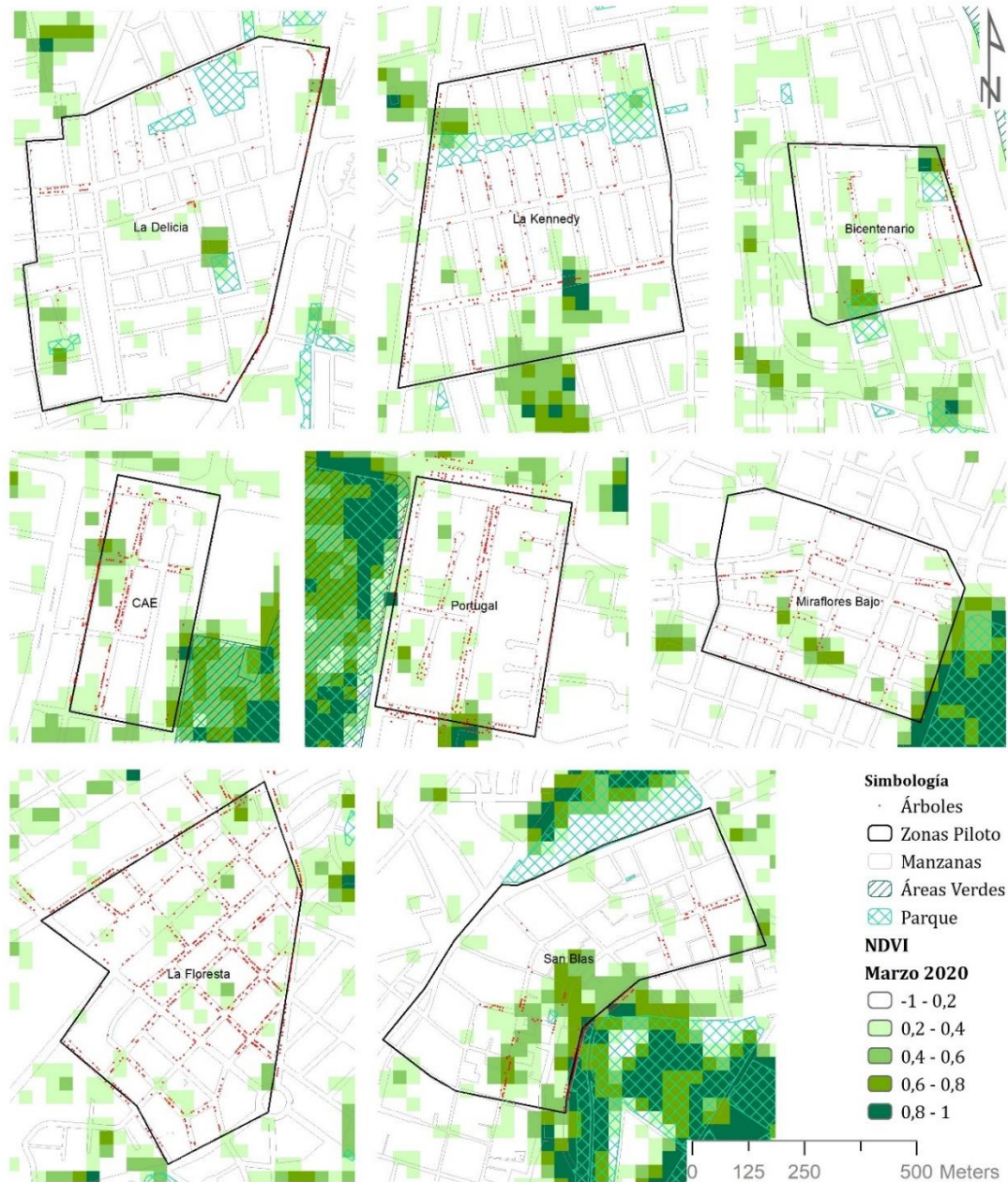


Elaboración: CIUQ (2020)

El siguiente rango de altura, entre 3,1 a 6 metros, se encuentran en su mayoría en las zonas de Iñaquito, Portugal y La Delicia con el 83%, 63% y 53% de su arbolado respectivamente, las demás zonas están por debajo del 47%. A excepción de Iñaquito y La Floresta, en donde este tipo de árboles se ubican en vías locales, los árboles con este rango de altura se encuentran en su mayoría en avenidas principales.

Únicamente Nueva Aurora tiene más del 50% de sus árboles con dimensiones entre 6,1 a 15 metros, Teniente Hugo Ortiz y Miraflores Bajo alcanzan un 45% y 43% respectivamente de árboles con este rango de altura, las demás zonas están por debajo del 33%, registrando Quitumbe, Kennedy y Mayorista los mínimos con el 2%, 1% y 0%. Finalmente, el rango de mayor altura, entre 15,1 y 24 metros alcanza solo el 5% en Nueva Aurora, Rodrigo de Chávez y Teniente Hugo Ortiz, las demás zonas no tienen o están por debajo del 2% de árboles con estas dimensiones.

Figura 121: Rangos del NDVI en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.

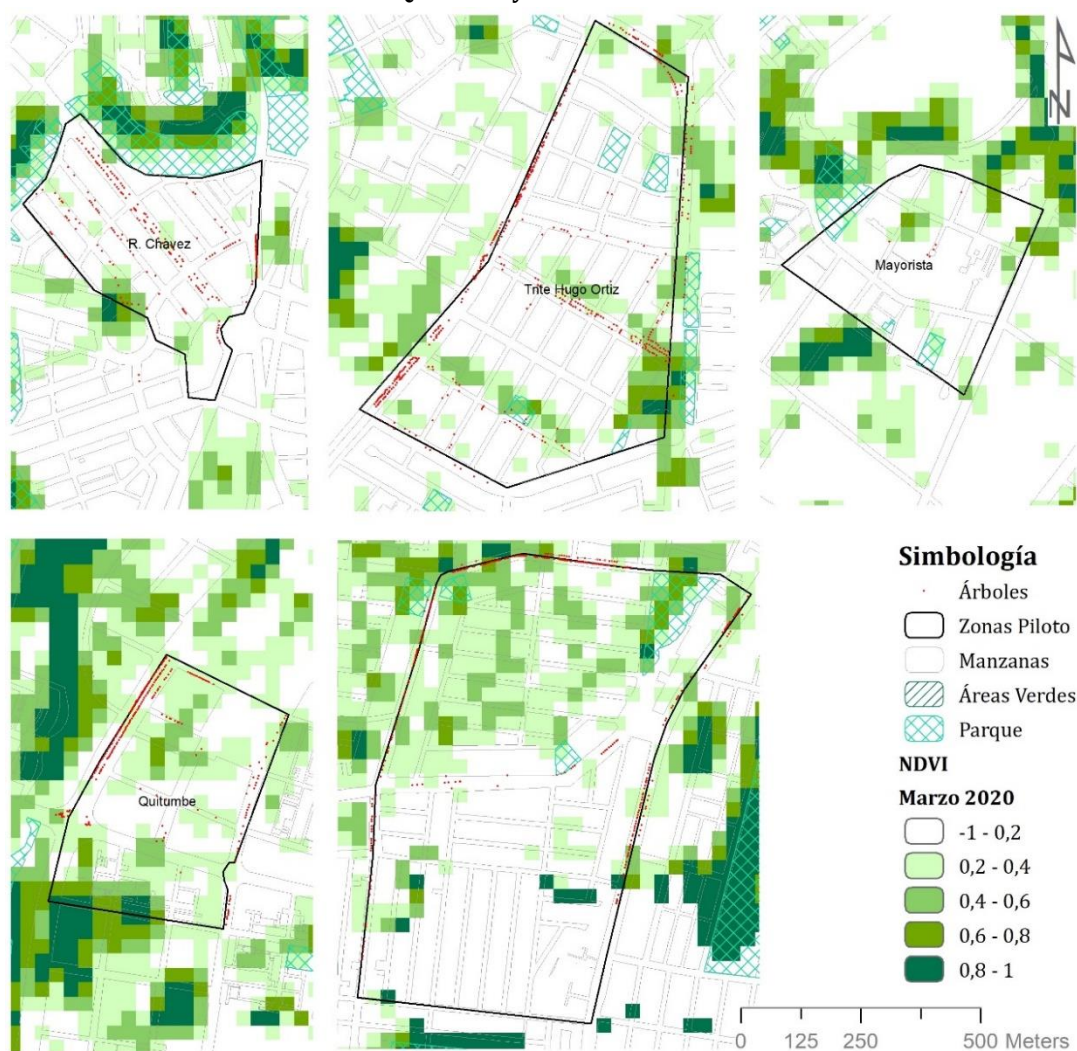


Elaboración: CIUQ (2020)

Con respecto al índice de vegetación de diferencia normalizada se establecen 5 niveles, de los cuales es importante aclarar que por debajo de 0,2 significa que no existe vegetación y corresponde a suelo impermeabilizado, en cambio de 0,21 hasta 1 implica la existencia de vegetación, conforme el INDVI se acerca a 1 existirá más biomasa y mayor vigorosidad de la misma.

Los resultados demuestran que en general las 13 zonas tienen baja cobertura de vegetación que varía de 0,21 a 0,8 y que se distribuye de manera dispersa, la mayor vigorosidad y biomasa coincide con los parques o áreas verdes adenañas a las zonas piloto como La Carolina con relación a Iñaquito y Portugal; la ribera del Río Machángara con relación a Rodrigo de Chávez, y La Alameda e Itchimbia con relación a San Blas. Sin embargo, Quitumbe y Nueva Aurora destacan por tener cerca del 50% de sus áreas con cobertura verde de NDVI de 0,2 a 0,6, esto se debe a su proceso de consolidación con varios lotes baldíos y permeables.

Figura 122: Rangos del NDVI en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.



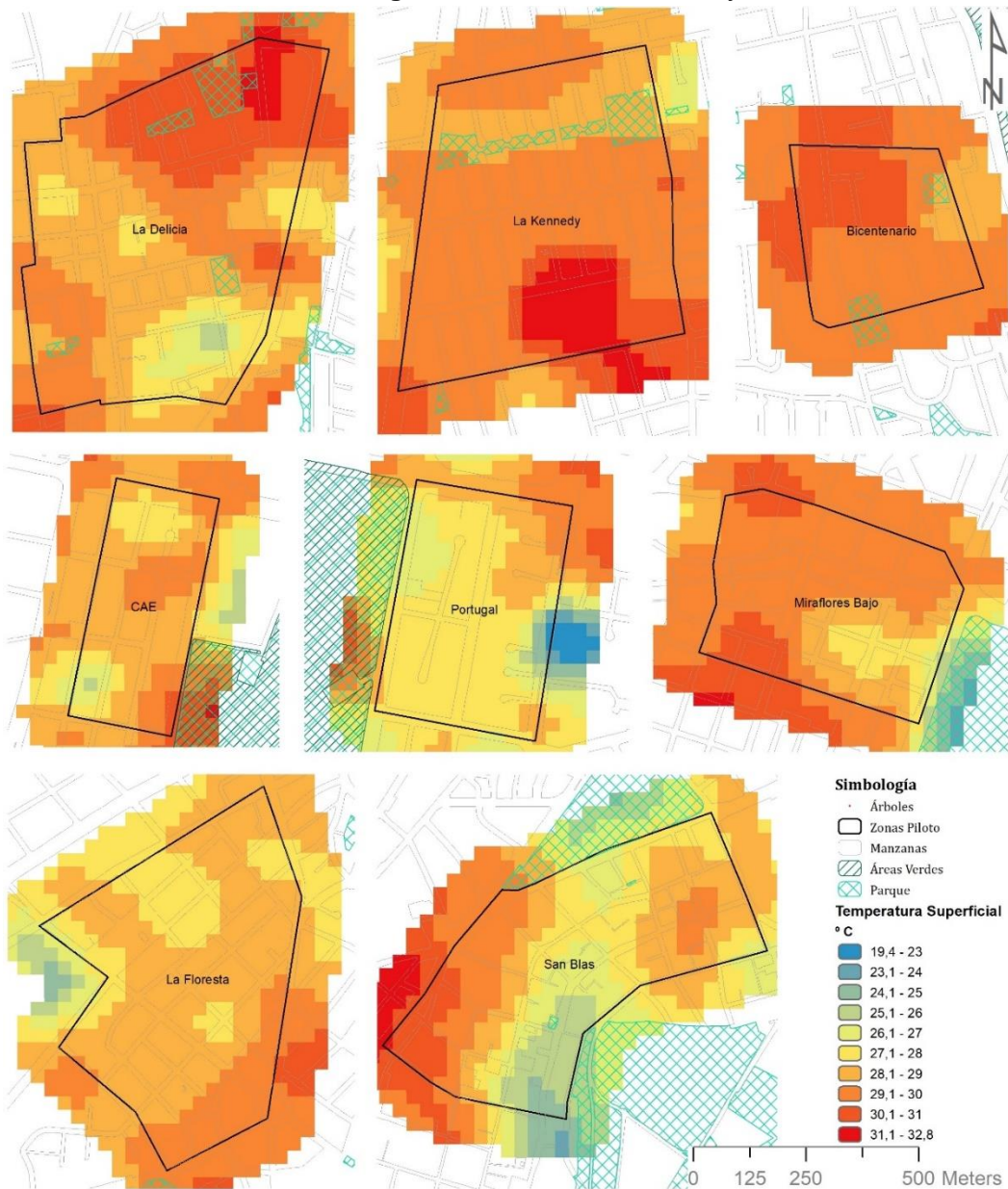
Elaboración: CIUQ (2020)

Otro aspecto interesante es que en la zona Teniente Hugo Ortiz el NDVI marca de 0,2 a 0,8 sobre los ejes de la Av. Antonio Jaramillo y la Av. Cosme Osorio; en el primer caso corresponde al Parque El Pintado que hace las veces de mediana al mismo tiempo pero que su sección alcanza 15 metros y en

donde también se registró una densidad arbórea alta, el segundo caso corresponde a amplias zonas de césped en las aceras (10 metros en cada acera) pero con baja densidad arbórea.

Con respecto a la temperatura superficial se exponen los mapas con diferencia térmica de 1°C para evidenciar a mayor detalle sus variaciones, los resultados demuestran que la mayor amplitud está entre las zonas del norte con relación al sur de la ciudad, por ejemplo La Delicia, Kennedy y Bicentenario alcanzan las temperaturas más altas llegando a 32,8° C; en cambio Nueva Aurora llega un máximo de 28°C (Ver figuras 121 y 122).

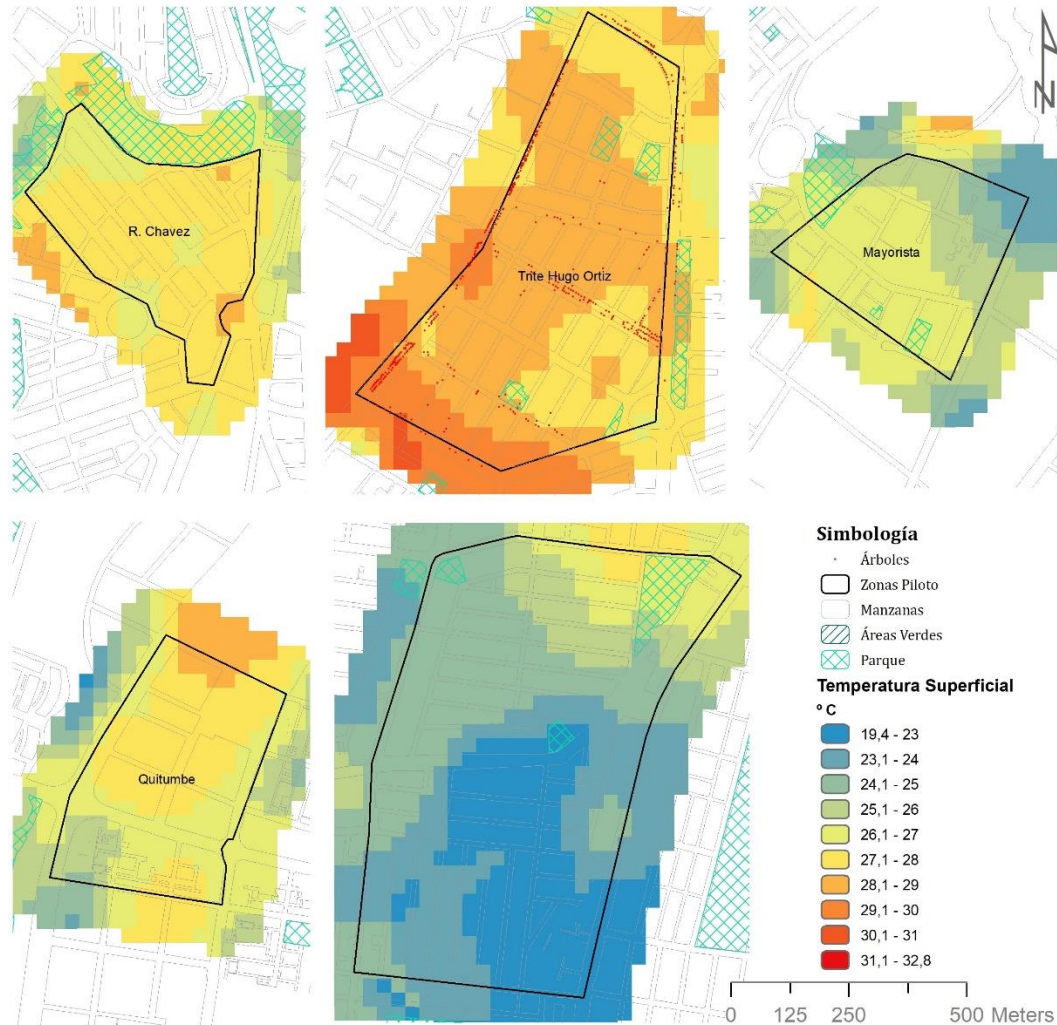
Figura 123: Rangos de temperatura superficial en las zonas de La Delicia, Kennedy, Bicentenario, Portugal, CAE, Miraflores, La Floresta y San Blas.



Elaboración: CIUQ (2020)

Existen otros dos escenarios con temperaturas medias que son más cálidas conforme se acercan al centro norte y más frías conforme se acercan al sur, por ejemplo Ñaquito, Portugal y La Floresta tienen una temperatura superficial de 26,1° C a 30° C, en cambio Quitumbe y El Mayorista tienen dos rangos intermedios de 24° C a 28° C, Rodrigo de Chávez cubre un solo rango de 26° C a 28° C.

Figura 124: Rangos de temperatura superficial en las zonas Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Mayorista, Quitumbe y Nueva Aurora.



Elaboración: CIUQ (2020)

Finalmente las tres zonas restantes que son la excepción: Miraflores Bajo con tres rangos de 26,1°C a 32,8°C, cuya área más fría es colindante con el parque del Ejido; San Blas muestra gran variación térmica con cuatro rangos de temperatura que va de 24,1°C a 32,8°C, en este caso también la distribución espacial de la temperatura evidencia una influencia de los parques de La Alameda e Itchimbía al norte y sur de la zona coincidiendo con el rango más bajo de 26,1°C a 28°C; y la zona Teniente Hugo Ortiz con rango cálido de 26,1°C a 30°C, a pesar de estar hacia el sur de Quito.

Al cruzar los criterios de densidad arbórea y altura de árboles encontramos que existen zonas que ofrecen mejores condiciones que otras, por ejemplo La Floresta y Teniente Hugo Ortiz tienen el mayor número de árboles, mayores densidades y el mayor porcentaje de arbolado alto con rango de altura de 6,1 a 24 metros.

Luego Iñaquito y Portugal tienen alta densidad arbórea y alto porcentaje de arbolado con rango de altura de 3,1 a 6 metros, Quitumbe destaca por tener alta densidad y un número medio de árboles; en puestos intermedios se encuentran Miraflores Bajo, Rodrigo de Chávez, San Blas, La Delicia, Nueva Aurora y Kennedy. En los últimos niveles aparecen El Mayorista y Bicentenario que con diferencia tienen el menor número de árboles y la menor densidad arbórea (Ver Cuadro 4).

Cuadro 4: Orden jerárquico de las 13 zonas piloto en función de altura y densidad arbórea.

Orden jerárquico	Jerarquizado de mayor a menor N° de árboles	ALTURA DE ÁRBOLES				DENSIDAD DE ÁRBOLES
		Jerarquizadas de menor a mayor % de árboles en el rango (3,1m a 6m)	Jerarquizadas de mayor a menor % de árboles en el rango (3,1m a 6m)	Jerarquizadas de mayor a menor % de árboles en el rango (6,1m a 15m)	Jerarquizadas de mayor a menor % de árboles en el rango (15,1m a 24m)	Jerarquizadas de mayor a menor densidad.
1	La Floresta	CAE-Iñaquito	Mayorista	Nueva Aurora	Tnte. Hugo Ortíz	La Floresta
2	Tnte. Hugo Ortíz	Miraflores Bajo	CAE-Iñaquito	Tnte. Hugo Ortíz	Rodrigo de Chavez	Quitumbe
3	Portugal	Mayorista	Portugal	Miraflores Bajo	Nueva Aurora	Tnte. Hugo Ortíz
4	Nueva Aurora	Portugal	La Delicia	San Blas	San Blas	Portugal
5	Kennedy	Nueva Aurora	Bicentenario	La Floresta	La Floresta	CAE-Iñaquito
6	Quitumbe	Tnte. Hugo Ortíz	Miraflores Bajo	La Delicia	Bicentenario	San Blas
7	CAE-Iñaquito	San Blas	Quitumbe	Rodrigo de Chavez	Miraflores Bajo	Rodrigo de Chavez
8	Rodrigo de Chavez	La Delicia	Kennedy	Portugal	La Delicia	Nueva Aurora
9	San Blas	La Floresta	La Floresta	CAE-Iñaquito	Portugal	La Delicia
10	Miraflores Bajo	Bicentenario	San Blas	Bicentenario	CAE-Iñaquito	Kennedy
11	La Delicia	Rodrigo de Chavez	Rodrigo de Chavez	Quitumbe	Quitumbe	Bicentenario
12	Bicentenario	Quitumbe	Tnte. Hugo Ortíz	Kennedy	Kennedy	Miraflores Bajo
13	Mayorista	Kennedy	Nueva Aurora	Mayorista	Mayorista	Mayorista

Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.2. Tramos escogidos y sus hipótesis correspondientes

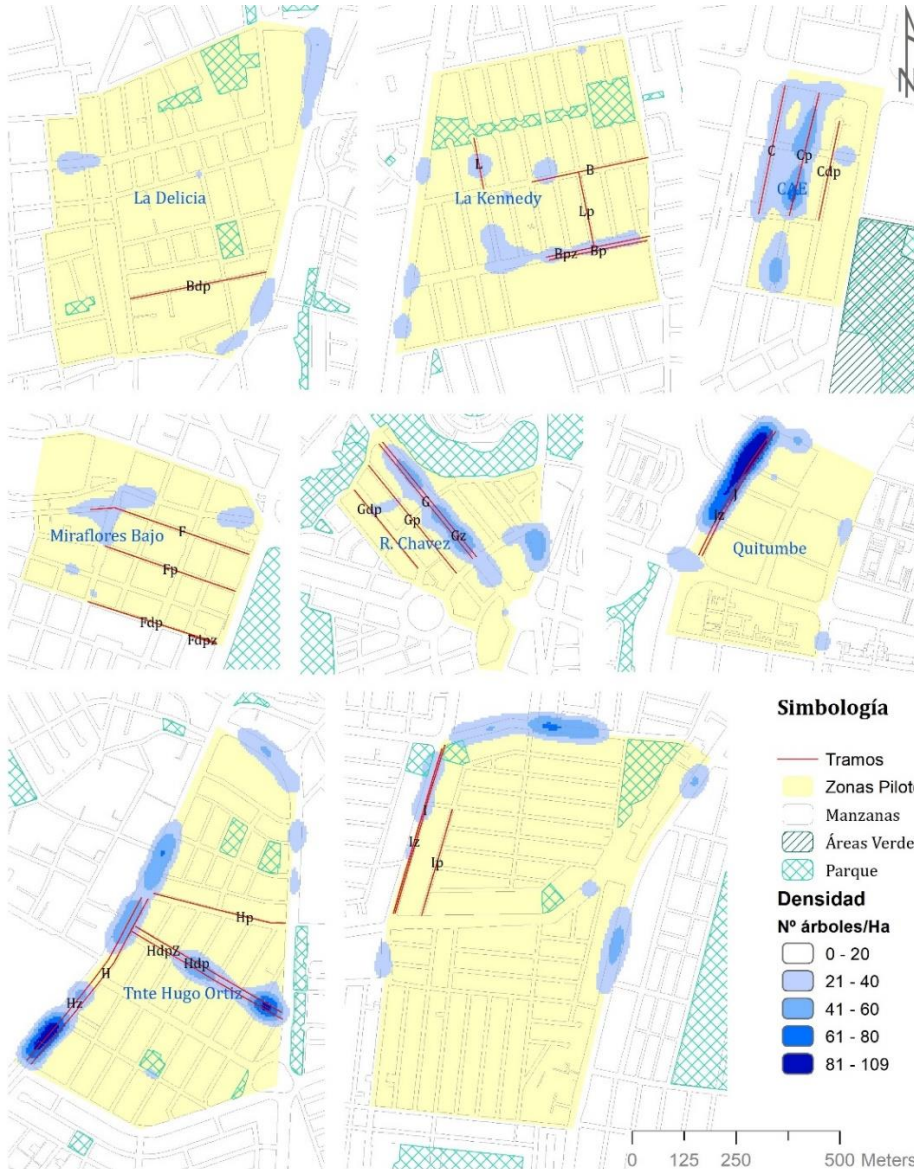
En base a los resultados obtenidos de los cuatro criterios sumados a las hipótesis y condiciones antes explicadas en la metodología, se seleccionan los tramos que mayores posibilidades de comparación ofrecen. En dicha selección se consideran dos aspectos adicionales: la temporalidad de la toma de medidas y la distribución espacial a lo largo del área urbana de Quito.

Con respecto a la temporalidad las temperaturas deben ser tomadas en el menor tiempo posible para evitar que los cambios térmicos por factores como viento y altitud del sol influyan en los resultados, con respecto a la distribución espacial se procura tener muestras que cubran norte, centro y sur de la ciudad.

Se seleccionaron 27 tramos repartidos en 8 zonas y 21 calles, cada uno de ellos lleva una codificación propia cuya primera letra mayúscula corresponde al orden alfabético de norte a sur y a una zona en específico, la segunda y tercera letra siempre serán *p* ó *dp* que significan *prima (p)* o *doble prima (dp)* y corresponde al orden de selección al interior de la zona. En aquellos casos en los que se encuentre una *z* al final de código corresponderá a un parterre.

Figura 125: Tramos seleccionados para la medición in situ.

TRAMOS SELECCIONADOS											
Zona		Tramo seleccionado				Zona		Tramo seleccionado			
Nº	Nombre	Nombre de la calle	Orientación de la acera a medir	Código del tramo	Distancia (metros)	Nº	Nombre	Nombre de la calle	Orientación de la acera a medir		
1	La Delicia	Aurelio Espinoza Polit	N	Bdp	334,8	9	Rodrigo de Chávez	Rodrigo de Chavez	O	G	371,8
		Cap. Ramon Borja	S	B	286,0			Diego de Sandoval	O	Gdp	244,4
De los Algarrobos	S	Bp	241,7	Gonzalo Diaz de Pineda	O			Gp	336,3		
2	Kennedy	De los Algarrobos	C	Bpz	241,7		Rodrigo de Chavez	O	Gz	371,8	
		Cesar Davila Andrade	O	L	125,5		Mariscal Sucre	E	H	492,0	
		Romero y Cordero	O	Lp	185,2		Antonio Jaramillo	N	Hdp	421,5	
5	CAE	Iñaquito	E	C	317,4		Antonio Jaramillo	C	Hdpz	421,5	
		Juan Gonzales	E	Cdp	246,2		Luis Iturralde	N	Hp	328,0	
		Nuñez de Vela	E	Cp	304,9		Mariscal Sucre	C	Hz	482,9	
6	Miraflores Bajo	Asunción	N	F	402,8	Quitumbe Ñan	E	J	350,9		
		Bogotá	N	Fdp	324,8	Quitumbe Ñan	E	Jz	350,9		
		Bogotá	C	Fdpz	67,9	Quitumbe Ñan	E	I	423,7		
		Santiago	N	Fp	333,4	Oe2H	E	lp	267,1		
13	Nueva Aurora					Quitumbe Ñan	C	Iz	423,7		



Elaboración: CIUQ (2020)

Se toma como ejemplo a la zona de Nueva Aurora para entender mejor la codificación. Los tres tramos de Nueva Aurora se codifican como I – Iz – Ip, que corresponden a la Av. Quitumbe Ñan y a la calle Oe2H; I es la acera de Quitumbe Ñan e Iz es el parterre paralelo a dicha acera, mientras que Ip corresponde a la acera de la calle Oe2H.

En la Figura 123 se expone el detalle de los tramos incluyendo la zona, calle, orientación, codificación y longitud a la que corresponde cada uno de ellos y en el Cuadro 5 se detalla la relación entre tramos en función de la hipótesis que se esperan resolver.

Cuadro 5. Relación entre tramos escogidos según hipótesis

Hipótesis 1: A mayor densidad de árboles menor será la temperatura y viceversa.	Hipótesis 2: A mayor altura de los árboles menor será la temperatura y viceversa.	Hipótesis 3: Los cañones urbanos con arbolado tendrán menor temperatura que aquellos cañones sin arbolado urbano.	
C - Cp	B - Bpz	Bp - Bpz	L - Lp
Jz	F	C - Cp	Hdp - Hdpz
H _z	F - Fdp	C - Cdp	H - H _z
Iz		Fdp - Fdpz	Hp - Hdpz
Gz - Gdp		G - Gz	I - Iz
Gz - Gp		J - Jz	Iz - Ip

Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3. Resultados de la temperatura del aire con y sin sombra de arbolado.

En campo se toman entre 3 a 5 puntos de temperatura del aire por cada tramo, de tal modo que cubra la longitud del mismo sin sobrepasar el tiempo máximo de medida, este número de puntos dependerá de la extensión de cada tramo. A partir de estos datos se calcula el promedio de temperatura por tramo y para cada día de registro. El detalle completo de la ubicación de los puntos registrados y su dato térmico se exponen en las Figuras 124 a 132

Cada punto registrado tiene una codificación propia e inicia con el código del tramo al que corresponde, luego una numeración que indica el orden en el que fueron tomadas las temperaturas por zonas y finalmente el literal *a* o *b*, *el primero* significa que fue tomado bajo la sombra de un árbol (*a*) y el segundo significa que fue tomado al aire libre sin sombra (*b*); en los cuadros que siguen, las celdas con color verde corresponden a los codificados con literal (*a*), es decir tomados debajo de la sombra del árbol.

6.3.3.1 Zona 1: La Delicia

Tramo Bdp – Calle Aurelio Espinoza Pólit (334 metros)

El tramo de la calle Aurelio Espinoza Pólit alcanza el promedio de temperatura del aire más alto de las 13 zonas. En 2 de los 5 días el promedio de 4 puntos tomados a lo largo de 334 metros es igual a 34,8 °C, mientras que los otros tres días alcanzan un promedio de 22° C, 23,1° C y 29,5° C. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta que el día soleado del 6 de marzo a las 12h48, Bdp4b alcanzó 37,4°C, el más caliente de todos los puntos tomados durante los 5 días el registro, en

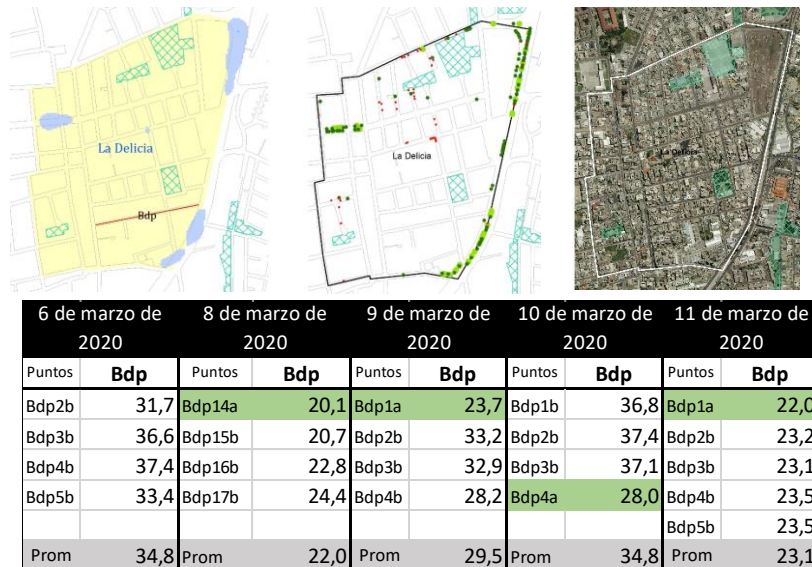
cambio el punto más frío es Bdp15b que alcanzó la temperatura mínima de 20,1 °C bajo la sombra de un árbol el 8 de marzo a las 13h13.

En este mismo tramo existen únicamente tres árboles de Eugénias en hilera, concentrados en la parte oeste cuya copa es pequeña pero su altura supera los tres metros, la temperatura del aire bajo sombra de estos árboles es más baja con relación al resto de puntos registrados a lo largo del tramo y varía entre 0,6 a 4,3 °C en un día nublado y de 4,5 a 9,5 °C en un día soleado.

La temperatura en los cañones urbanos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por las estaciones meteorológicas oficiales. Resulta que en los días soleados del 6, 9 y 10 de marzo la estación Cotocollao, ubicada a 1115 metros de la zona, registró 17,1°C; 20,6°C y 19,8°C respectivamente, mientras que a las mismas horas, el tramo de la Calle Aurelio Espinoza Pólit alcanzó 34,8°C ; 29,5°C y 34,8°C. Esta diferencia varía entre 8,87 a 16,98°C en días soleados y de 3,36 a 4,14°C en días nublados.

Finalmente la humedad relativa fluctúa entre 10 a 46%, el más bajo en días soleados y el más alto en días nublados. En la Figura 124 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 126: Temperatura del aire del tramo Bdp de la zona de La Delicia.





Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.2 Zona 2: Kennedy

Tramos B – Capitán Ramón Borja (286 metros), Bp y Bpz– De Los Algarrobos (241,7 metros), L – César Dávila Andrade (185,2 metros) y Lp - Romero y Cordero (241,7 metros).

En la calle Capitán Ramón Borja en días soleados el promedio de 4 puntos tomados a lo largo de 286 metros del tramo es superior a 23 °C; en 1 de los 5 días se registra la mayor temperatura promedio igual a 32,6 °C. El punto que alcanzó mayor temperatura fue B4b con 34,2°C, el 6 de marzo a las 13h17.

Se nota un comportamiento similar en dos días nublados variando el promedio entre 22,7° C y 25,8° C en respectivamente. El punto B12b alcanzó la temperatura mínima sin sombra de 21,4 ° C, el 8 de marzo a las 14h10. En este tramo existe únicamente un árbol, la temperatura del aire bajo sombra de este árbol es más baja con relación al resto de puntos registrados a lo largo del tramo y varía entre 0,8 a 4,7 °C en un día soleado y de 0,7 a 3,9 °C en un día nublado.

En la acera (Bp) de la Av. De Los Algarrobos existen únicamente dos árboles con una distancia entre ellos de 128 metros, bajo éstos se tomaron también medidas para diferenciarlos de la temperatura sin sombra, pero (Bp) representa una acera sin arbolado en la mayoría del tramo. Una de las hipótesis es que en la acera (Bp) sin arbolado será más cálida que el parterre (Bpz); la hipótesis se cumple en 4 de los 5 días, demostrándose que el promedio de los puntos tomados en la acera Bp sin sombra de árbol es entre 0,3° C a 5,9° C más cálida que el parterre paralelo, el 5to día los promedios son iguales entre los dos tramos.

Comparando entre puntos registrados en la acera (Bp) de la Av. De Los Algarrobos con y sin sombra de árboles, se evidencia una diferencia significativa, en días soleados y bajo la sombra de un árbol la temperatura es menor entre 0,5° C a 12,4 ° C, en un día nublado esta diferencia es hasta de 8,1° C. En el tramo Bpz también hay diferencias de este tipo pero el rango de fluctuación es menor que el de la acera, se registra entre 1,1 a 7,3° C más frío debajo de la sombra de la copa de los árboles.

El tramo L se caracteriza por contar con arbolado en la acera pero con alturas menores a 3 metros, en cambio, el tramo Lp registra un solo árbol en acera. Con esas características se esperaba que Lp alcanzara más temperatura que L, sin embargo, los resultados varían durante los 5 días. El 9 de marzo es el único que cumple con la hipótesis, Lp con un promedio de 37,8° C frente a 28,1 °C de L, es decir una diferencia térmica significativa de 9,7° C. El 10 de marzo los promedios son iguales en ambos tramos marcando 22,6° C. Los días 6, 8 y 11 de marzo, al contrario de lo que se esperaba, el tramo L es más cálido que Lp entre 1,6° C a 3,4° C. Estos resultados se pueden vincular con la altura del arbolado del tramo L cuyas sombra es limitada debido a su estado de conservación, como se puede apreciar en la Fotografía 1.

Fotografía 1: Sección del tramo L y su arbolado.



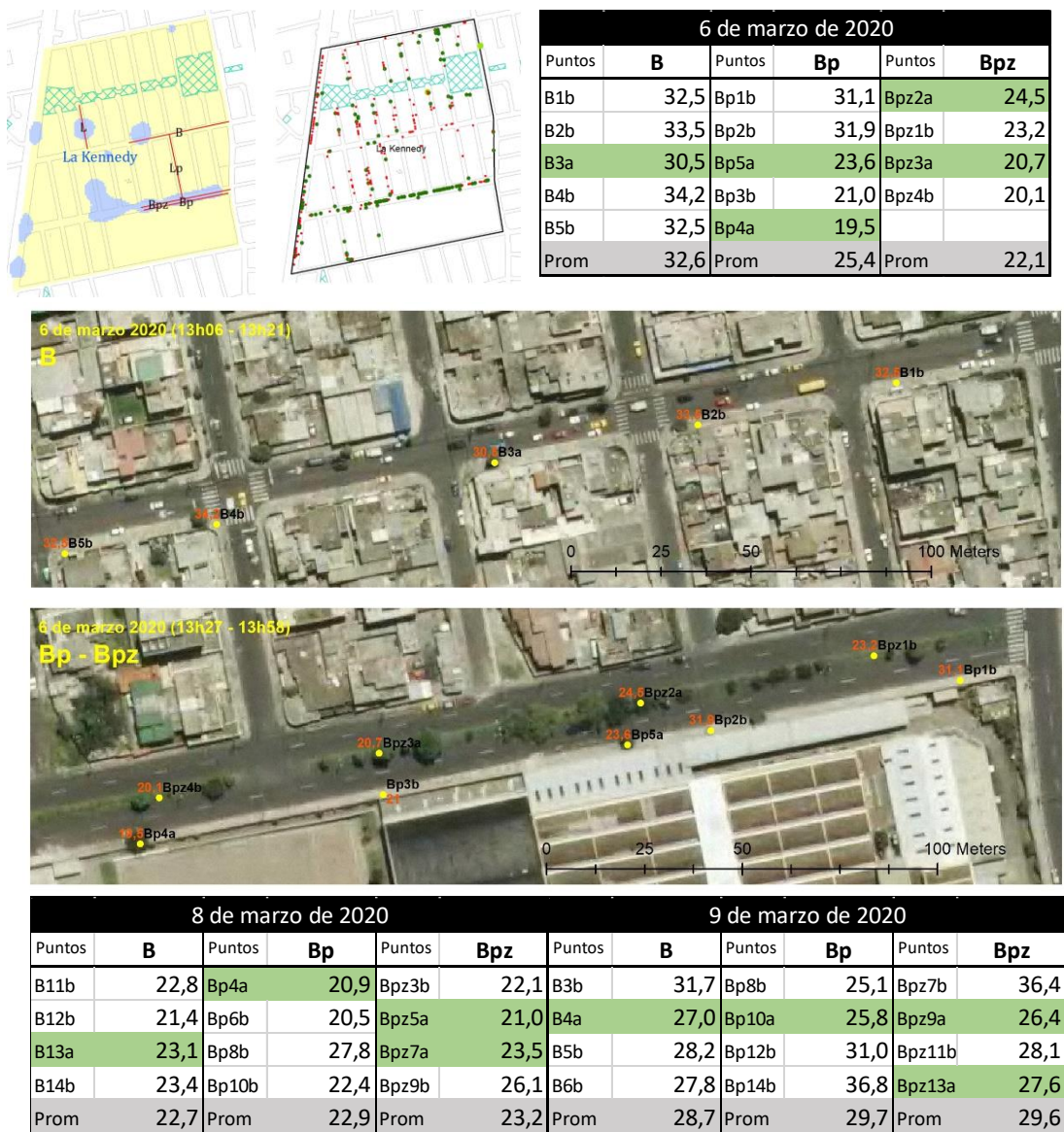
Elaboración: CIUQ (2020)

Fuente: Google Earth (abril de 2020)

La temperatura en los cañones urbanos de todos estos tramos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por la estación meteorológica Bicentenario, ubicada a 600 metros de La Kennedy. Los días 6, 8, 9, 10 y 11 de marzo la estación Bicentenario promedios de 16,6°C, 18,25° C, 21,5° C 18,7° C y 19,4° C entre las 12h00 a las 14h00 respectivamente, mientras que los tramos variaron a esas mismas horas entre 20,4° C a 37,8° C; es decir que los tramos analizados pueden llegar a ser hasta 16,8° C más cálidos que lo marcado por las estaciones oficiales, ese es el caso del 9 de marzo cuando el tramo Lp llega a 37,8° C mientras que la estación Bicentenario marca 21° C.

La humedad relativa fluctúa entre 10% a 45%, el más bajo en días soleados y el más alto en días nublados. En la Figura 126 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 127: Temperatura del aire de los tramos L, Lp, B, Bp y Bpz de la zona de La Kennedy.





10 de marzo de 2020						11 de marzo de 2020					
Puntos	B	Puntos	Bp	Puntos	Bpz	Puntos	B	Puntos	Bp	Puntos	Bpz
B3b	25,1	Bp8b	22,6	Bpz7b	23,1	B3b	25,6	Bp8b	30,9	Bpz7b	32,4
B4a	23,1	Bp10b	21,8	Bpz9a	21,9	B4a	23,3	Bp10a	26,4	Bpz9a	25,8
B5b	23,8	Bp12b	21,9	Bpz11a	21,5	B5b	27,2	Bp12b	25,4	Bpz11a	25,4
B6b	22,2	Bp14a	22,2	Bpz13b	22,9	B6b	27,2	Bp14b	34,5	Bpz13b	32,7
Prom	23,6	Prom	22,1	Prom	22,4	Prom	25,8	Prom	29,3	Prom	29,1



6 de marzo de 2020				8 de marzo de 2020				9 de marzo de 2020			
Puntos	Lp	Puntos	L	Puntos	Lp	Puntos	L	Puntos	Lp	Puntos	L
Lp16b	22,5	L1b	24,5	Lp1b	20,1	L1b	22,8	Lp15b	36,8	L1a	27,0
Lp17b	22,7	L2a	24,0	Lp2a	20,7	L2a	23,1	Lp16b	38,7	L2b	29,1
Prom	22,6	Prom	24,3	Prom	20,4	Prom	23,0	Prom	37,8	Prom	28,1



10 de marzo de 2020		11 de marzo de 2020					
Puntos	Lp	Puntos	L	Puntos	Lp	Puntos	L
Lp1b	23,6	L1b	23,5	Lp15b	24,3	L1b	26,2
Lp2b	21,6	L2a	21,6	Lp16b	24,0	L2a	25,1
				Lp17b	24,0		
Prom	22,6	Prom	22,6	Prom	24,1	Prom	25,7



Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.3 Zona 5: Iñaquito

Tramos C – Iñaquito (317,4 metros), Cdp - Juan González (246,2 metros) y Cp – Núñez de Vela (304,9 metros)

La zona de Iñaquito tiene menor temperatura promedio con relación a las zonas de La Delicia y Kennedy, este varía entre 19,9° C a 28° C. Los tramos C y Cp son similares en sección de vía y en distribución de arbolado, ambos tienen Calistemos Blancos continuos en acera a una distancia promedio de 4 metros. En cambio el tramo Cdp no tiene ningún árbol en acera y por lo tanto se espera que registre mayor temperatura del aire con relación a los tramos arbolados.

Los resultados demuestran que este supuesto no se cumple en 3 de los 5 días, en donde el tramo sin arbolado tiene menor temperatura con relación a los dos tramos arbolados, esa diferencia varía entre 0,1° C a 3° C. En cambio el día soleado del 9 de marzo se cumple parcialmente la hipótesis porque el tramo arbolado C marca 24,5° C mientras Cdp llega a 26,9° C; sin embargo Cp alcanza 28° C en el mismo lapso de tiempo. El único día que se cumple la hipótesis es el 12 de marzo cuando Cdp supera a Cp con 1,1° C y supera a C con 2,4° C.

En este caso los resultados podrían estar relacionados con la especie arbórea y su capacidad de generar sombra, de hecho, en la comparación por tramos se evidencia que no hay diferencias térmicas significativas entre estar debajo o al costado del árbol, siendo éste el único caso que registra ese patrón.

Otro aspecto importante que apuntar es que los tramos Cp y Cdp a pesar de tener características de arbolado similares los resultados muestran que Cp es ligeramente más cálido que C durante los 5 días de registro, esa diferencia varía entre 0,8° C a 1,3° C en 4 días nublados y hasta 3,5° C en el día soleado del 9 de marzo. Diferencia que puede estar determinada por las características de la calle Núñez de Vela (Cp) con muros sólidos como cerramiento en las dos aceras, almacenando calor a la altura del peatón, este aumento térmico es mucho mayor en un día soleado.

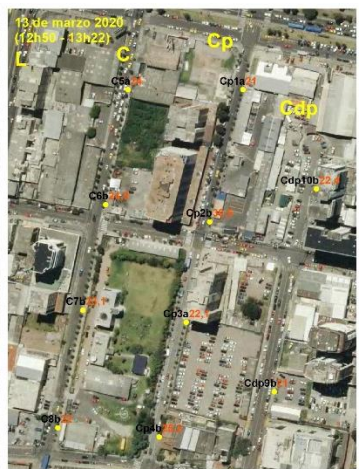
Figura 128: Temperatura del aire de los tramos C, Cp y Cdp de la zona de Iñaquito



8 de marzo de 2020					9 de marzo de 2020						
Puntos	C	Puntos	Cdp	Puntos	Cp	Puntos	C	Puntos	Cdp	Puntos	Cp
C1a	21,3	Cdp11b	22,1	Cp6a	22,3	C1b	25,1	Cdp11b	25,7	Cp6a	28,2
C2b	21,1	Cdp12b	20,9	Cp7a	24,2	C2a	24,9	Cdp12b	28,1	Cp7a	27,0
C3b	21,0	Cdp13a	22,3	Cp8a	21,8	C3b	25,0			Cp8b	27,9
C4a	22,1			Cp9b	22,1	C4a	21,0			Cp9b	29,3
C5b	22,8			Cp10b	21,9	C5b	26,3			Cp10a	27,4
Prom	21,7	Prom	21,8	Prom	22,5	Prom	24,5	Prom	26,9	Prom	28,0



11 de marzo de 2020					12 de marzo de 2020						
Puntos	C	Puntos	Cdp	Puntos	Cp	Puntos	C	Puntos	Cdp	Puntos	Cp
C10b	19,7	Cdp1b	19,6	Cp5b	21,3	C1b	21,5	Cdp10b	24,9	Cp6b	22,7
C11a	19,4	Cdp2b	20,3	Cp6a	21,5	C2a	20,4	Cdp11b	23,8	Cp7a	22,3
C12b	20,5	Cdp3b	21,1	Cp7b	20,9	C3b	21,6	Cdp12b	22,6	Cp8a	22,0
C13a	19,9			Cp8a	19,6	C4a	20,4			Cp9b	23,6
				Cp9b	20,0	C5b	23,3				
Prom	19,9	Prom	20,3	Prom	20,7	Prom	21,4	Prom	23,8	Prom	22,7



13 de marzo de 2020					
Puntos	C	Puntos	Cdp	Puntos	Cp
C5a	24,0	Cdp9b	21,0	Cp1a	21,0
C6b	24,9	Cdp10b	22,4	Cp2b	30,5
C7b	23,1			Cp3a	22,1
C8b	22,0			Cp4b	25,2
Prom	23,5	Prom	21,7	Prom	24,7

Elaboración: CIUQ (2020)

La temperatura del aire registrada a la altura de 1,2 m desde la acera en estos tres tramos es mayor a la de la estación meteorológica Iñaquito, ubicada dentro del área de estudio, dicha diferencia sin embargo no es tan alta como se ha demostrado en las otras zonas. Por ejemplo, los días 9, 12 y 13 de marzo la estación Iñaquito registra 24,3° C, 20° C y 21° C respectivamente, al mismo tiempo las temperaturas promedio de los cañones urbanos registran apenas 3,7° C, 3,8° C y 3,8° C más que lo registrado por la estación Iñaquito, de hecho, los días 8 y 11 de marzo el rango promedio de los tramos coincide con las medidas registradas por la estación meteorológica oficial.

Finalmente la humedad relativa fluctúa entre el 20% al 51%, con mínimo y máximo superior a los registrados en las zonas de La Delicia y Kennedy. En la Figura 127 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

6.3.3.4 Zona 6: Miraflores Bajo

Tramos F – Asunción (402,8 metros), Fp - Santiago (333,4 metros), Fdp – Bogotá (324,8 metros) y Fdpz – Bogotá (67,9 metros).

La zona de Miraflores Bajo está entre las zonas de temperatura media, por debajo de La Delicia y Kennedy, estos promedios varían entre 21,1° C a 26,9° C. Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en cada uno de los tres tramos F, Fp y Fdp, las medidas bajo sombra el 6 de marzo varían entre 0,1° C a 6,5° C más frías con relación a los puntos sin sombra, y entre 2,2° C a 7° C el 8 de marzo como representación de día nublado.

Comparando entre los tramos F, Fp y Fdp la hipótesis sugiere que a mayor altura menor temperatura y viceversa; sin embargo, los resultados no cumplen este supuesto, la diferencia entre estos tres tramos es muy próxima variando de 0,5° C a 1,1° C y registrando únicamente uno de los 5 días mayor temperatura en los tramos con menor altura de árboles. En cambio en la calle Bogotá, la hipótesis entre una acera no arbolada (Fdp) y el parterre arbolado (Fdpz) si se cumple, siendo Fdpz más frío que Fdp con una diferencia de 3,6° C el 6 de marzo y 3,9° C el 8 de marzo.

La temperatura del aire registrada a la altura de 1,2 m desde la acera en estos cuatro tramos es mayor a la de la estación meteorológica Belisario, ubicada a 2.500 metros de la zona de Miraflores Bajo. Resulta que el 6 de marzo la estación Belisario registró 18,3° C entre las 12h00 a las 13h00, mientras que los cuatro tramos variaron entre 21,9° C a 30,1° C. El 8 de marzo la estación Belisario registró 19,4° C entre las 12h00 a las 13h00, mientras que los tres tramos variaron entre 22,8° C a 30° C. En general, los tramos analizados son más cálidos entre 3,4° C a 11,8° C.

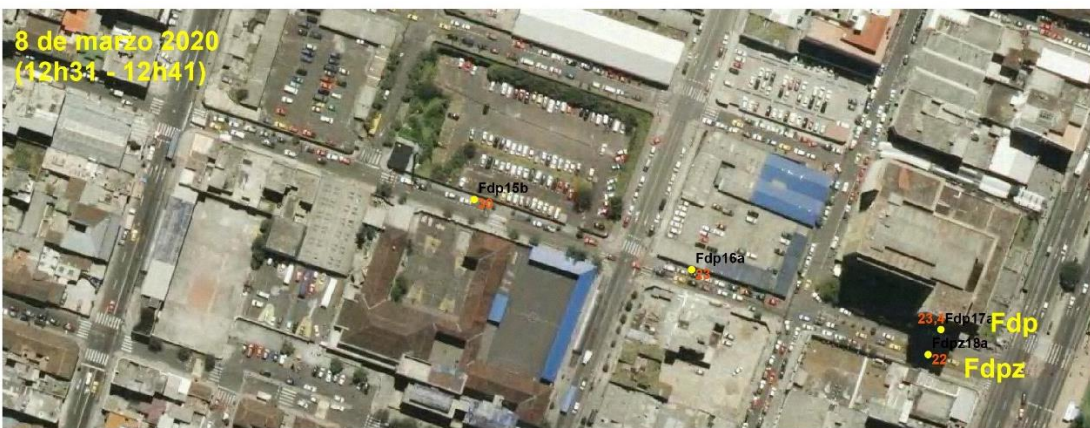
Finalmente la humedad relativa fluctúa entre el 34% al 46%, con mínimo y máximo superior a los registrados en las zonas de La Delicia y Kennedy pero inferior a Iñaquito. En la Figura 128 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 129: Temperatura del aire de los tramos F, Fp, Fdp y Fdpz de la zona de Miraflores Bajo



6 de marzo de 2020						8 de marzo de 2020									
Puntos	F	Puntos	Fp	Puntos	Fpdz	Puntos	Fdp	Puntos	F	Puntos	Fp	Puntos	Fpdz	Puntos	Fdp
F1b	26,5	Fp6b	25,0	Fdpz11	21,9	Fdp10a	22,9	F3a	22,8	Fp8a	22,6	Fdpz17	22,0	Fdp12b	29,6
F2a	23,7	Fp7a	24,9			Fdp12a	24,1	F4b	22,8	Fp9a	22,4			Fdp13a	23,7
F3b	24,1	Fp8b	30,1			Fdp13b	29,4	F5a	22,4	Fp10b	24,8			Fdp15b	30,0
F4b	26,7	Fp9a	24,4					F6b	25,1	Fp11b	25,4			Fdp16a	23,0
F5a	24,2							F7b	28,3					Fdp18a	23,4
Prom	25,0	Prom	26,1	Prom	21,9	Prom	25,5	Prom	24,3	Prom	23,8	Prom	22,0	Prom	25,9





Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.5 Zona 9: Rodrigo de Chávez

Tramos G - Gz - Rodrigo de Chávez (371,8 metros), Gp - Gonzalo Díaz de Pineda (336,3 metros) y Gdp - Diego de Sandoval (244,4 metros).

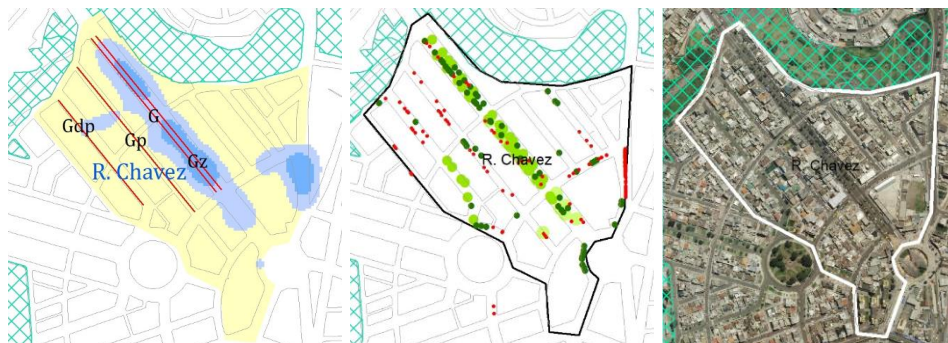
En la zona de Rodrigo de Chávez se nota el aumento de temperatura con relación a Ñaquito, sus promedios varían entre 23,8° C a 30° C. Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en el tramo de la calle Gonzalo Díaz de Pineda, las medidas bajo sombra del 8 de marzo son 1,5° C más frías que sin sombra y el 9 de marzo esa diferencia se amplía a 5,7° C. En el tramo Diego de Sandoval también hay amplia diferencia el día soleado del 9 de marzo, llegando a 4,7° C, mientras que el 6 no se registra variación bajo sombra.

Se esperaba que en el tramo del parterre de la Av. Rodrigo de Chávez (Gz) se registrara menores temperaturas debido a la alta densidad arbórea, con relación a Gonzalo Díaz de Pineda (Gp) y Diego de Sandoval (Gdp) con menor densidad, la hipótesis se cumple el día soleado del 9 de marzo siendo Gp más cálido con 4,1° C y Gdp más cálido con 2° C. En cambio el día nublado del 6 de marzo Gz es inclusive más cálido con 0,4° C a 0,6° C que Gp y Gdp. Al comparar entre una acera no arbolada (G) y el parterre arbolado (Gz) la hipótesis se cumple a cabalidad, siendo Gz más frío que G con una diferencia de 0,7° C el 6 de marzo y 4,6° C el 8 de marzo.

La temperatura en los cañones urbanos de los tres tramos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por la estación meteorológica El Camal, ubicada a 1.350 metros de la zona de Rodrigo de Chávez. Resulta que el 8 de marzo la estación El Camal registró 19,1°C entre las 12h00 a las 13h00, mientras que los cuatro tramos variaron entre 23,2° C a 24,5° C. El 9 de marzo la estación El Camal registró 21,64°C entre las 12h00 a las 13h00, y los cuatro tramos variaron entre 25,4° C a 30° C. En general, los tramos analizados son más cálidos entre 3,7° C a 8,4° C.

Finalmente la humedad relativa fluctúa entre el 29% al 41%, los menores porcentajes en el día soleado y los mayores en el nublado. En la Figura 129 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 130: Temperatura del aire de los tramos G, Gz, Gp y Gdp de la zona Rodrigo de Chávez.



8 de marzo de 2020						9 de marzo de 2020									
Puntos	G	Puntos	Gz	Puntos	Gp	Puntos	Gdp	Puntos	G	Puntos	Gz	Puntos	Gp	Puntos	Gdp
G1b	24,3	Gz6a	23,2	Gp7b	24,5	Gdp10k	23,2	G9b	29,0	Gz10a	26,0	Gp5b	32,0	Gdp1b	29,1
G4b	25,4	Gz2a	24,0	Gp8a	23,0	Gdp11a	23,4	G12b	32,0	Gz11a	25,9	Gp6b	30,8	Gdp2a	25,0
G5b	23,7	Gz3a	24,3	Gp9b	22,6	Gdp12k	23,0	G13b	29,0	Gz14a	24,3	Gp7a	26,3	Gdp3a	25,9
												Gp8b	28,9	Gdp4b	29,7
Prom	24,5	Prom	23,8	Prom	23,4	Prom	23,2	Prom	30,0	Prom	25,4	Prom	29,5	Prom	27,4



Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.6 Zona 10: Teniente Hugo Ortiz.

Tramos H - Hz - Mariscal Sucre (492 metros), Hp - Luis Iturralde (328 metros), Hdp - Hdpz - Antonio Jaramillo (221,5 metros).

La zona Teniente Hugo Ortiz tiene una temperatura del aire promedio con la mayor amplitud entre el mínimo y el máximo, estos valores van desde 18,3° C a 29,8° C. La humedad relativa también muestra la mayor amplitud entre el mínimo y el máximo fluctuando entre el 10% al 51%, En la Figura 130 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

La primera hipótesis corresponde a la comparación entre acera no arbolada (H y Hdp) y el parterre arbolado (Hz y Hdpz), en donde se espera menores temperaturas en los tramos de parterre. Los resultados demuestran la comprobación de esta hipótesis, ya que en la Av. Mariscal Sucre el tramo Hz es más frío que H, con una diferencia que varía entre 0,2° C a 4,3° C. En cambio en la Av. Antonio Jaramillo se cumple en 4 de los 5 días, donde Hdpz es más frío que Hdp con una diferencia que varía entre 0,1° C a 5,4° C pero el quinto día, correspondiente al 12 de marzo, los resultados son inversos

registrando Hdpz $0,9^{\circ}\text{C}$ más que Hdp. En ambos casos las mayores diferencias térmicas se registran el día 11 de marzo que es el más soleado de los 5.

La segunda hipótesis que se aplica a esta zona es la relación entre el tramo Hp con arbolado inferior a 1,5 metros de altura y el parterre Hdpz con arbolado alto entre 6 a 15 metros de altura, se espera que Hdpz sea más frío. La resultados demuestran la comprobación del supuesto en 4 de los 5 días, con una variación térmica que va desde $1,2^{\circ}\text{C}$ a $3,7^{\circ}\text{C}$ pero el quinto día, correspondiente al 8 de marzo, los resultados son inversos registrando Hdpz $1,3^{\circ}\text{C}$ más que Hp.

La tercera hipótesis plantea que la zona sur del tramo Hz debe ser más frío debido a la mayor densidad arbórea con relación al norte del tramo, sin embargo, en ninguno de los días se cumple el supuesto.

Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en los tramos de parterre de las avenidas Mariscal Sucre (Hz) y Antonio Jaramillo (Hdpz) se evidencia menores temperaturas bajo sombra de árboles. En el primer caso la diferencia térmica varía entre $0,1^{\circ}\text{C}$ a $8,2^{\circ}\text{C}$ en 4 de los 5 días, en el segundo caso esta diferencia es entre $0,2^{\circ}\text{C}$ a $4,9^{\circ}\text{C}$.

La temperatura en los cañones urbanos de los tres tramos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por la estación meteorológica El Camal, ubicada a 2800 metros de la zona de Teniente Hugo Ortíz. Como ejemplo de un día nublado el 8 de marzo la estación El Camal registró un promedio horario de 19°C mientras que los cinco tramos variaron entre $21,8^{\circ}\text{C}$ a $23,8^{\circ}\text{C}$. En el día soleado del 11 de marzo El Camal registró un promedio horario de 19°C los cuatro tramos variaron entre $22,1^{\circ}\text{C}$ a $27,5^{\circ}\text{C}$. En general, los tramos analizados son más cálidos en días nublados entre $2,8^{\circ}\text{C}$ a $4,8^{\circ}\text{C}$ y en días soleados entre $3,1^{\circ}\text{C}$ a $8,5^{\circ}\text{C}$.

Figura 131: Temperatura del aire de los tramos H, Hz, Hdp y Hdpz de la zona Teniente Hugo Ortíz





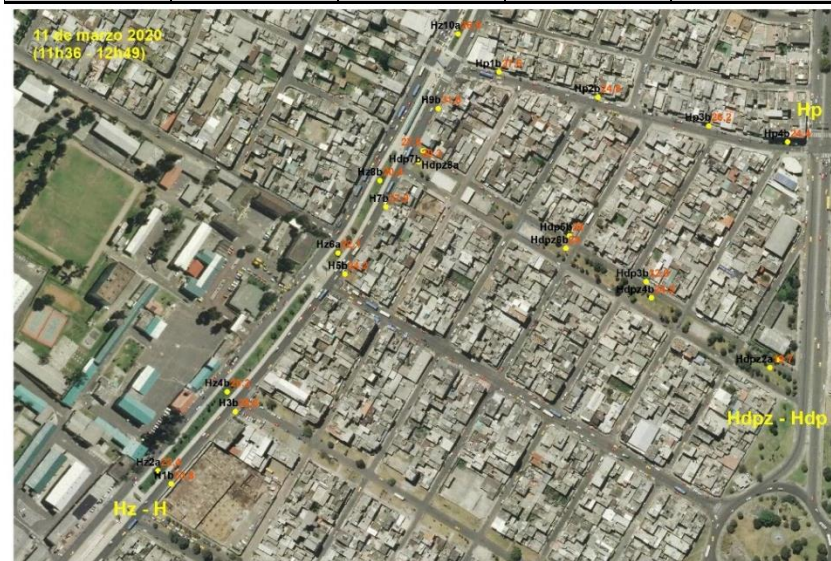
6 de marzo de 2020									
Puntos	H	Puntos	Hp	Puntos	Hdp	Puntos	Hdpz	Puntos	Hz
H1b	19,3	Hp1b	24,4	Hdp1b	18,5	Hdpz1a	18,3	Hz1a	19,3
H2b	18,4	Hp2b	23,8	Hdp2b	18,8	Hdpz2a	18,5	Hz3b	18,1
H3b	18,1	Hp3b	19,5	Hdp3b	18,8	Hdpz3c	18,6	Hz4b	17,7
H4b	18,1	Hp4b	18,3	Hdp4b	18,6	Hdpz4a	18,8	Hz5a	16,6
H5b	17,7							Hz2a	18,8
Prom	18,3	Prom	21,5	Prom	18,7	Prom	18,6	Prom	18,1



8 de marzo de 2020									
Puntos	H	Puntos	Hp	Puntos	Hdp	Puntos	Hdpz	Puntos	Hz
H1b	25,0	Hp1b	22,8	Hdp1a	22,2	Hdpz2a	22,4	Hz2a	22,8
H3b	23,2	Hp2b	21,5	Hdp3b	22,9	Hdpz4k	22,2	Hz4b	21,5
H5b	23,9	Hp3b	21,5	Hdp5b	23,4	Hdpz6k	23,5	Hz6a	22,4
H7b	23,8	Hp4b	21,5	Hdp7b	24,3	Hdpz8a	24,1	Hz8b	22,8
H9b	23,2							Hz10b	23,8
Prom	23,8	Prom	21,8	Prom	23,2	Prom	23,1	Prom	22,7



9 de marzo de 2020									
Puntos	H	Puntos	Hp	Puntos	Hdp	Puntos	Hdpz	Puntos	Hz
H1b	32,7	Hp1b	28,0	Hdp1b	30,1	Hdpz2k	29,4	Hz2a	31,1
H3b	32,9	Hp2b	27,8	Hdp3b	30,6	Hdpz4a	24,5	Hz4b	31,2
H5b	28,4	Hp3b	26,0	Hdp5b	24,9	Hdpz6a	24,3	Hz6a	24,7
H7b	27,8	Hp4b	26,4	Hdp7b	26,0	Hdpz8a	25,3	Hz8b	32,9
H9b	27,1							Hz10a	24,9
Prom	29,8	Prom	27,1	Prom	27,9	Prom	25,9	Prom	29,0



11 de marzo de 2020									
Puntos	H	Puntos	Hp	Puntos	Hdp	Puntos	Hdpz	Puntos	Hz
H1b	23,8	Hp1b	27,6	Hdp1a	21,3	Hdpz2a	19,7	Hz2a	22,4
H3b	25,6	Hp2b	24,8	Hdp3b	32,9	Hdpz4c	24,5	Hz4b	20,3
H5b	24,2	Hp3b	26,2	Hdp5b	28,0	Hdpz6c	24,0	Hz6a	22,1
H7b	27,9	Hp4b	24,4	Hdp7b	27,8	Hdpz8a	20,3	Hz8b	20,4
H9b	31,8							Hz10a	26,9
Prom	26,7	Prom	25,8	Prom	27,5	Prom	22,1	Prom	22,4



12 de marzo de 2020									
Puntos	H	Puntos	Hp	Puntos	Hdp	Puntos	Hdpz	Puntos	Hz
H1b	25,4	Hp1b	26,2	Hdp1b	23,3	Hdpz2c	25,1	Hz2a	23,4
H3b	26,2	Hp2b	26,4	Hdp3b	22,2	Hdpz4a	21,7	Hz4b	25,5
H5b	26,2	Hp3b	27,8	Hdp5b	21,9	Hdpz6a	24,8	Hz6a	25,1
H7b	25,8	Hp4b	26,0	Hdp7b	23,6	Hdpz8c	23,1	Hz8b	24,8
H9b	23,4							Hz10a	21,1
Prom	25,4	Prom	26,6	Prom	22,8	Prom	23,7	Prom	24,0

Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.7 Zona 12: Quitumbe Tramos J - Jz - Quitumbe Ñan (350,9 metros)

La temperatura promedio de la zona de Quitumbe es similar a la de Miraflores Bajo y varía entre 18,9° C a 26,3° C. La diferencia térmica entre datos tomados bajo sombra y sin sombra en el parterre demuestra que bajo sombra hay entre 0,6 ° C y 5,6 ° C menos. La principal hipótesis de esta calle es que el parterre arbolado registrará menores temperaturas que la acera sin arbolado, cumpliéndose este supuesto en 3 de los 5 días registrados con una variación de 1,2 a 2,8° C; en los 2 días restantes las temperaturas son iguales entre parterre y arbolado, 22,8° C y el 8 de marzo y 24,2° C el 11 de marzo.

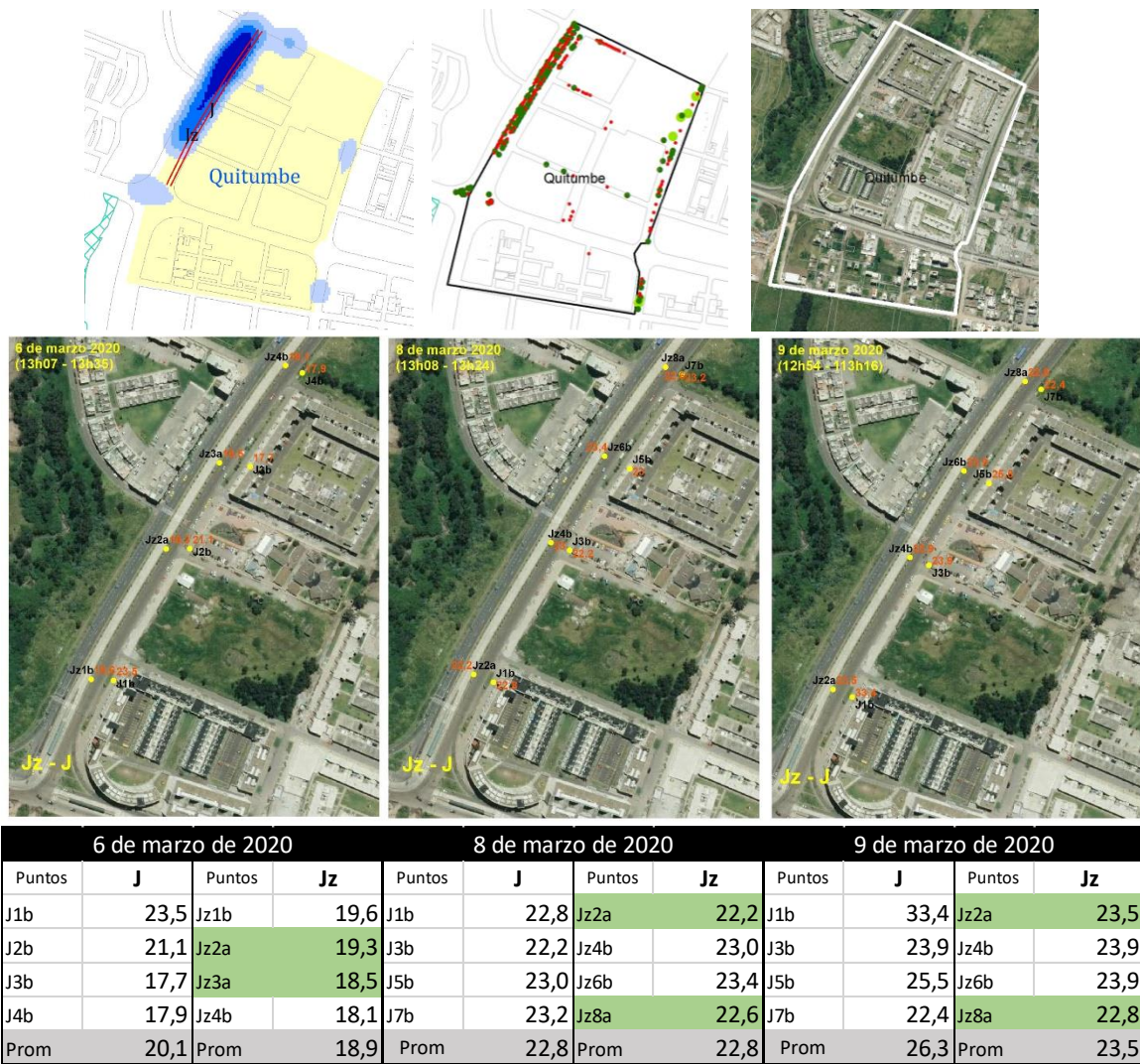
La segunda hipótesis plantea que la zona norte de Jz ha de ser más fría que el sur debido a la densidad arbórea, los resultados demuestran un cumplimiento parcial debido a que solo los días 6, 9 y 12 de marzo se cumple con una variación térmica entre 0,4° C a 1,5° C; en cambio el 11 de marzo ambas

temperaturas son iguales a 23,9° C, finalmente el 8 de marzo la zona sur del tramo es más cálida con 0,4° C.

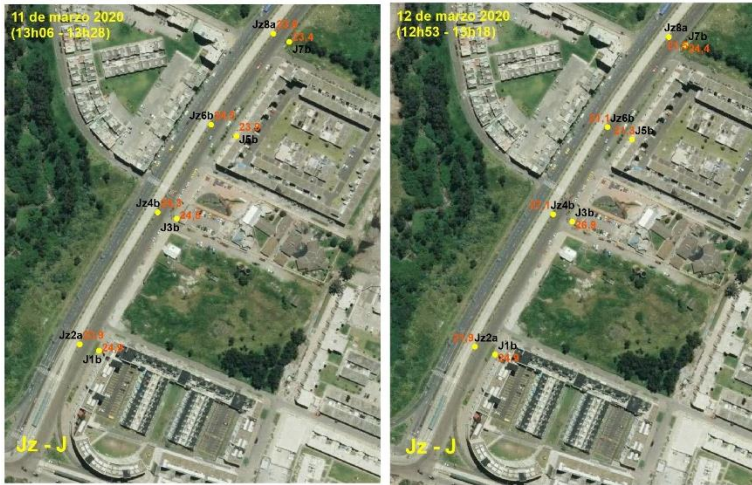
La temperatura en los cañones urbanos de los tres tramos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por la estación meteorológica Politécnica Campus Sur, ubicada a 1.500 metros de la zona de Quitumbe. Las temperaturas registradas desde el 6 al 12 de marzo fueron: 17,8° C, 18,6° C, 20,2° C, 18° C y 18,8° C mientras en el tramo de Quitumbe Ñan en las mismas horas se registra un promedio que varía de 17,7° C a 33,4° C; resultando una diferencia térmica más cálida a la altura peatonal entre 2,3° C a 13,2° C.

Finalmente la humedad relativa fluctúa entre el 19% al 45. En la Figura 131 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 132: Temperatura del aire de los tramos J y Jz de la zona Quitumbe.



11 de marzo de 2020				12 de marzo de 2020			
Puntos	J	Puntos	Jz	Puntos	J	Puntos	Jz
J1b	24,9	Jz2a	23,9	J1b	24,9	Jz2a	21,9
J3b	24,5	Jz4b	24,3	J3b	26,9	Jz4b	27,1
J5b	23,9	Jz6b	24,5	J5b	21,3	Jz6b	21,1
J7b	23,4	Jz8a	23,9	J7b	24,4	Jz8a	21,5
Prom	24,2	Prom	24,2	Prom	24,4	Prom	22,9



Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.3.8 Zona 13: Nueva Aurora

Tramos I – Iz – Quitumbe Ñan (423,7 metros) e Ip - Oe2H (267,1 metros).

La temperatura promedio de la zona de Nueva Aurora es similar a la de Quitumbe e Iñaquito y varía entre 18,9° C a 27,7° C. La diferencia térmica entre datos tomados bajo sombra y sin sombra en el parterre de la Av. Quitumbe Ñan demuestra que bajo sombra hay entre 0,2 ° C y 4,4 ° C menos. La principal hipótesis de esta calle es que el parterre arbolado registrará menores temperaturas que la acera sin arbolado, cumpliéndose este supuesto en 4 de los 5 días registrados con una variación de 0,4 ° C a 5,3° C; el día restante la temperatura promedio del parterre es 0,1° C más cálido que la acera.

La segunda hipótesis de esta zona relaciona Iz, como tramo arbolado, con Ip sin arbolado, esperando mayores temperaturas en Ip; se cumple pero parcialmente, los días 8 y 11 de marzo Ip es más cálido con 2,6° C y 2,5° C respectivamente, en cambio los días 6, 9 y 12 de marzo Ip es más frío que Iz con 2,5° C, 0,4° C y 0,6° C respectivamente. Estos resultados pueden estar relacionados con la presencia de predios baldíos a lo largo del tramo Ip que influye en la temperatura del aire.

La temperatura en los cañones urbanos de los tres tramos, a la altura de 1,2 m desde la acera, es mayor a la temperatura registrada por la estación meteorológica Guamaní, ubicada a 2.500 metros de la zona de Quitumbe. Las temperaturas registradas desde el 6 al 12 de marzo fueron: 16,8° C, 16,7° C, 17,7° C, 16,2° C y 16,8° C mientras en los tramos de Quitumbe Ñan y Oe2H a las mismas horas se registra un promedio que varía de 18,9° C a 27,7° C; resultando una diferencia térmica más cálida a la altura peatonal entre 1,2° C a 11° C.

Finalmente la humedad relativa fluctúa entre el 21% al 48, muy similar a la zona de Quitumbe. En la Figura 132 se muestra la ubicación de los puntos registrados y sus temperaturas diarias.

Figura 133: Temperatura del aire de los tramos I, Iz e Ip de la zona Nueva Aurora.



6 de marzo de 2020						8 de marzo de 2020					
Puntos	I	Puntos	Iz	Puntos	Ip	Puntos	I	Puntos	Iz	Puntos	Ip
I1b	25,8	Iz1a	21,1	Ip1b	20,3	I1b	25,8	Iz2a	21,8	Ip1b	23,5
I2b	27,6	Iz2b	21,9	Ip2b	20,1	I3b	21,5	Iz4b	21,1	Ip2b	24,5
I3b	28,1	Iz3a	22,8	Ip3b	19,8	I5b	20,4	Iz6a	20,8	Ip3b	24,2
I4b	29,4	Iz4b	23,9	Ip4b	19,5	I7b	22,8	Iz8b	23,0	Ip4b	25,1
Prom	27,7	Prom	22,4	Prom	19,9	Prom	22,6	Prom	21,7	Prom	24,3



9 de marzo de 2020						11 de marzo de 2020					
Puntos	l	Puntos	lz	Puntos	lp	Puntos	l	Puntos	lz	Puntos	lp
l1b	20,1	lz2a	20,1	lp1b	19,4	l1b	27,9	lz2a	22,5	lp1b	25,8
l3b	19,8	lz4b	20,1	lp2b	19,0	l3b	25,5	lz4b	23,5	lp2b	26,6
l5b	20,3	lz6a	20,4	lp3b	18,8	l5b	26,0	lz6a	21,1	lp3b	26,2
l7b	20,6	lz8b	20,6	lp4b	18,5	l7b	25,8	lz8b	25,5	lp4b	24,3
Prom	20,2	Prom	20,3	Prom	18,9	Prom	26,3	Prom	23,2	Prom	25,7



12 de marzo de 2020					
Puntos	l	Puntos	lz	Puntos	lp
l1b	25,5	lz2a	22,4	lp1b	23,9
l3b	22,4	lz4b	24,3	lp2b	23,1
l5b	23,4	lz6a	23,4	lp3b	22,1
l7b	23,4	lz8b	23,0	lp4b	21,7
Prom	23,7	Prom	23,3	Prom	22,7

Elaboración: CIUQ (2020)

6.3.4. Resultados conjuntos por las 13 zonas

6.3.4.1. La Delicia

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 La Delicia registra un rango térmico de 24° C a 32,8° C. De estos resultados la mayor temperatura cubre amplias zonas hormigonadas como la plaza del Mercado de La Ofelia y las canchas de la Liga Deportiva de Cotocollao, en cambio, las más frías cubren el área de bodegas de la Administración Zonal de Cotocollao, cuyas cubiertas tienen alto albedo, y albergan además una extensa área verde en su interior. En las temperaturas intermedias, entre 28° C a 30° C, está el resto de la zona con uso mixto incluyendo el Parque Guayaquil.

Con relación al verde urbano de la zona La Delicia existe un NDVI que varía entre 0,4 a 0,8, los índices más altos están sobre el Parque Guayaquil (4130 m²) y sobre dos zonas verdes extensas privadas al

interior de las manzanas, en general el suelo con vegetación abarca una mínima superficie de verde con relación al resto de zonas. En términos de arbolado urbano se registran 178 árboles de los cuales el 39,88% están en parterre y el 60,11% en acera, los árboles de mayor altura se concentran en el parterre de la Av. Diego Vásquez de Cepeda y el 24% de los árboles son inferiores a 3 metros y se concentran en las vías locales.

La temperatura del aire registrada en La Delicia es de las más altas en comparación con las 13 zonas, en 2 de los 5 días de monitoreo el promedio de 4 puntos tomados a lo largo de 334 metros de la calle Aurelio Espinoza Pólit es igual a 34,8° C, mientras que los otros tres días alcanzan un promedio de 22° C, 23,1° C y 29,5° C. Evaluando la temperatura individual de cada punto tomado se detecta que el día soleado del 6 de marzo a las 12h48, Bdp4b alcanzó 37,4°C, el más caliente de todos los puntos tomados durante los 5 días de registro, en cambio el punto más frío es Bdp15b que alcanzó el 8 de marzo a las 13h13 la temperatura mínima de 20,1° C bajo la sombra de un árbol.

6.3.4.2. Kennedy

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 la Kennedy registra un rango térmico de 28° C a 32,8° C. De estos resultados la mayor temperatura cubre amplias canchas deportivas hormigonadas y de césped sintético del Colegio Técnico Don Bosco, en cambio, las más frías cubren el Parque Jhon F. Kennedy y un área del extenso suelo residencial ubicada entre la Av. Galo Plaza y la calle José Rafael Bustamante. En las temperaturas intermedias, entre 28° C a 30° C, está el resto de la zona con residencia y uso mixto.

Con relación al verde urbano existe un NDVI que varía de 0,2 a 1 sobre el Parque Jhon F. Kennedy y sobre la cancha sintética de Colegio Técnico Don Bosco, este resultado es particularmente interesante porque demuestra los posibles errores del indicador si no se analiza posteriormente de manera detallada los espacios que cubre, de hecho el NDVI más alto se registra sobre el intenso verde de la cancha sintética, mientras que el Parque Jhon F. Kennedy registra un NDVI de 0,2. En términos de arbolado urbano se identifican 299 árboles de los cuales el 36,45% están en parterre y el 63,55% en acera, además, el 57% de los árboles tiene una altura mayor a 3 metros y se concentran en las vías locales y el parterre de la Av. Galo Plaza Lasso.

Al igual que en La Delicia la temperatura del aire registrada en esta zona es de las más altas en comparación con las 13 analizadas, el promedio de temperatura del aire en los tramos varía entre 20,4° C a 37,8° C. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta que el máximo fue B4b con 34,2°C, el 6 de marzo a las 13h17 en la calle Capitán Ramón Borja. En cambio los puntos Lp1b en la calle Romero y Cordero y Bpz4b en la Av. De Los Algarrobos alcanzaron la temperatura mínima sin sombra de 20,1° C.

6.3.4.3. Bicentenario

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 la zona de Bicentenario registra un rango térmico de 28° C a 32,8° C. De estos resultados la mayor temperatura cubre un conjunto de viviendas con cubierta inclinada y sus vías de acceso, en cambio, las más frías están sobre el Parque La Concepción pero cuya temperatura tiene una fuerte influencia de cubiertas con alto albedo ubicadas al frente del parque. Con temperaturas intermedias, entre 29° C a 30° C, cubre una zona residencial con vivienda tipo villa en su mayoría con jardines arbolados.

Con relación al verde urbano de la zona Bicentenario existe un NDVI que varía de 0,2 a 1 destacando el índice más alto (0,8 a 1) sobre el Parque La Concepción y el Parque Sixto María Durán con 0,6 a 0,8, éste último también tiene una cancha sintética que engaña al sensor marcando este resultado, adicionalmente se registra el menor índice de 0,2 a 0,4 en el parterre arbolado de la calle Gonzalo Salazar. En términos de arbolado urbano se identifica 114 árboles, de los cuales el 41,2% están en parterre y el 59,8% en acera, la densidad arbórea es media baja variando entre 21 a 40 arb/m², finalmente, los árboles de mayor altura se concentran en el parterre de la Av. de La Prensa.

6.3.4.4. Portugal

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 la Portugal registra un rango térmico de 24° C a 29° C. De estos resultados la mayor temperatura cubren la intersección de la Av. Naciones Unidas y 6 de Diciembre alcanzando un pico sobre la calzada y los estacionamientos del Estadio Olímpico Atahualpa, en cambio, las más frías (24° C) cubren la cubierta del Megamaxi de la 6 de Diciembre. Se evidencia una baja temperatura en la zona este que colinda con el Parque de La Carolina, el efecto termorregulador por evapotranspiración de los árboles del parque influyen en casi toda zona piloto manteniéndose entre 27° C a 28° C, es decir, muy por debajo de La Delicia, Kennedy y Bicentenario.

Con relación al verde urbano de la Portugal existen píxeles dispersos de NDVI igual a 0,2 los índices más altos (0,4 a 0,8) están sobre un jardín interior colindante a la calle Finlandia. En términos de arbolado urbano se registran 451 árboles de los cuales el 43,2% están en parterre y el 56,8% en acera, los árboles superiores a 3 metros se hallan repartidos en parterre y aceras, la densidad arbórea es media alta entre 60 a 80 árboles por hectárea y se concentran en la zona norte del parterre de la Av. Portugal.

6.3.4.5. Iñaquito

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Iñaquito registra un rango térmico de 25,7° C a 30° C. De estos resultados la mayor temperatura (29,5° C) cubre un amplio predio de parqueaderos ubicado al costado del Colegio de Arquitectos del Pichincha, y se extiende abarcando los edificios de 12 pisos de altura con frente a la calle Corea, en cambio, la temperatura más fría (25,7° C) está sobre la cubierta con alto albedo de Mi Juguetería. La temperatura intermedia dominante de 28° C cubre el resto de la zona con uso mixto incluido los patios internos (428m²) del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Esta temperatura intermedia dominante es 1° mayor la temperatura dominante de la Portugal.

Con relación al verde urbano existe un NDVI que varía de 0,2 a 0,8 y los píxeles se ubican en los patios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. En términos de arbolado urbano se identifican 248 árboles, todos ellos ubicados en acera, además, el 83% de los árboles tiene una altura de 3 a 6 metros y alcanzan una densidad arbórea media-alta de 61 a 80 árboles por hectárea.

La zona de Iñaquito tiene menor promedio de temperatura del aire con relación a las zonas de La Delicia y Kennedy, este varía entre 19,9° C a 28° C. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta que el máximo es de 30,5° C registrado el 13 de marzo en la calle Núñez de Vela. En cambio en mínimo se registra el 11 de marzo bajo la sombra de un árbol con 19,4° C en la calle Iñaquito.

6.3.4.6. Floresta

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 la Floresta registra un rango térmico de 27° C a 30° C. De estos resultados la mayor temperatura (29° C a 30° C) cubre el área residencial con mayor coeficiente de ocupación de suelo y sin vegetación al interior de los predios, una zona comprendida entre las calles Mallorca, Valladolid y Av. Coruña. En cambio, las temperaturas más bajas (27° C a 28,9° C) se distribuyen sobre el resto del área residencial con viviendas tipo villa y jardines arbolados, destaca el predio esquinero entre Lugo y Guipuscoa con arbolado alto y frondoso en acera y al interior del predio con menor temperatura igual a 27,7° C.

Con relación al verde urbano existen píxeles dispersos con un NDVI que varía de 0,2 a 0,4 y corresponden a los jardines interiores. En términos de arbolado urbano se identifican 768 árboles con alta densidad arbórea en varias intersecciones viales, constituyendo la zona más arbolada de todas, además, el 89% de estos están en acera y solo el 11% en parterre. El 66% tienen una altura de 3 a 15 metros y el 32% son menores a 3 metros.

6.3.4.7. Miraflores Bajo

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Mira Flores Bajo registra un rango térmico de 26,5° C a 30,9° C. De estos resultados la mayor temperatura (30° C a 30,9° C) cubre el área de estacionamientos del Hospital Carlos Andrade Marín y la manzana comprendida entre las calles Caracas, Bogotá, Uruguay y Av. América con viviendas adosadas, en línea de fábrica y con mezcla de edificaciones antiguas con cubierta de teja y nuevos edificios de mediana altura, el nivel de compacidad de esta manzana es alto. En cambio, la temperatura más fría (26,5° C a 27,5° C) están sobre las edificaciones con frente a la Av. 10 de Agosto colindante con el parque El Ejido, se nota la influencia del parque porque conforme nos alejamos de él las temperaturas van aumentando a pesar de tener una morfología urbana y albedo en cubierta similares. Las temperaturas intermedias de 29° C a 29,9° C se distribuye sobre el área residencial - mixta

Con relación al verde urbano existen píxeles puntuales con un NDVI de 0,2 a 0,8 sobre dos lotes baldíos colindantes en la intersección de las calles Caracas y Versalles, sobre estos dos lotes se registra una temperatura superficial de 28° C. En términos de arbolado urbano se identifican 185 árboles con una densidad media baja, de los cuales el 90% tienen una altura comprendida entre 3 a 15 metros y el 10% menores a 3.

La zona de Miraflores Bajo está entre las zonas de temperatura media, por debajo de La Delicia y Kennedy, estos promedios varían entre 21,1° C a 26,9° C. Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en cada uno de los tres tramos F, Fp y Fdp, las medidas bajo sombra el 6 de marzo varían entre 0,1° C a 6,5° C más frías con relación a los puntos sin sombra, y entre 2,2° C a 7° C el 8 de marzo como representación de día nublado. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta un máximo de 30,1° C registrado el 6 de marzo en la calle Santiago, en cambio el mínimo en el mismo día con 21,9° C en la calle Bogotá.

6.3.4.8. San Blas

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 San Blas registra un rango térmico amplio de 24,5° C a 31° C. La distribución espacial de la temperatura superficial de esta zona es particular, tiene dos áreas cálidas opuestas en sentido este - oeste, la primera con la mayor temperatura (31° C)

cubre la zona comprendida entre la Av. Pichincha y la calle Esmeraldas, en donde las edificaciones están completamente adosadas con un COS del 95% y con cubiertas de teja. La otra zona con 29° C cubre el Colegio Nuestra Madre de La Merced en la intersección de las calles Valparaíso y Ramón Egas. En cambio, las temperaturas más bajas, 24,5° C al sur y 26,5° C al norte, cubren terrenos baldíos en la calle Valparaíso y la calle M. Espinoza respectivamente. Es evidente la influencia de los parques Alameda al norte e Itchimbía al sur que cambian la tendencia de la temperatura superficial llevándola a los picos más bajos.

Con relación al verde urbano existen píxeles dispersos con un NDVI que varía de 0,2 a 0,8 y corresponden a lotes baldíos y jardines interiores, destaca el índice más alto hacia el sur sobre el patio de una unidad educativa y coincide con la zona de menor temperatura superficial. En términos de arbolado urbano se identifican 191 árboles con densidad media baja, además, el 94% de estos están en acera y solo el 6% en parterre. El 75% tienen una altura de 3 a 15 metros y el 24% son menores a 3 metros.

6.3.4.9. Rodrigo de Chávez

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Rodrigo de Chávez registra un rango térmico corto de 26° C a 28,2° C. De estos resultados la mayor temperatura (28,2° C) cubre la calzada del redondel de la parada de la Villaflora. En cambio, la temperatura más fría (26° C) está sobre áreas verdes como la ribera del Machángara, Parque Ecológico de Santa Ana y el Parque de Los Enamorados incluyendo el apéndice norte de la zona piloto. Al igual que San Blas es evidente que la disminución de temperatura se debe a la presencia e estas áreas verdes. La temperatura intermedia dominante de 27° C cubre el resto de la zona con uso mixto incluyendo el parterre arbolado.

Con relación al verde urbano existen muy pocos píxeles con un NDVI de 0,2 y destaca uno con 0,6 a 0,8 sobre la intersección de las calles Diego de Sandoval y Juan de Arguelo. En términos de arbolado urbano se identifican 224 árboles con una densidad media alta, de los cuales el 56,7% de los árboles están ubicados en parterre y 43,3 en acera. Un importante porcentaje del 45% de los árboles son menores a 3 metros.

En la zona de Rodrigo de Chávez se nota el aumento de temperatura del aire con relación a Iñaquito, sus promedios varían entre 23,8° C a 30° C. Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en el tramo de la calle Gonzalo Díaz de Pineda, las medidas bajo sombra del 8 de marzo son 1,5° C más frías que sin sombra y el 9 de marzo esa diferencia se amplía a 5,7° C. En el tramo Diego de Sandoval también hay amplia diferencia el día soleado del 9 de marzo, llegando a 4,7° C, mientras que el 6 no se registra variación bajo sombra. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta que el máximo es de 32° C registrado el 9 de marzo en la Av. Rodrigo de Chávez y el mínimo de 22,6° C en la calle Gonzalo Díaz de Pineda registrado el 8 de marzo.

6.3.4.10. Teniente Hugo Ortiz

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Teniente Hugo Ortiz registra un rango térmico de 26,6° C a 29,6° C. De estos resultados la mayor temperatura (29,6° C) cubre los predios colindantes con la Av. Alonso de Angulo, en cambio, la temperatura más baja (26,6° C) está sobre el redondel Atahulpa, es decir sobre espacio verde arbolado. La temperatura intermedia dominante de 28° C cubre el resto de la zona con uso residencial - mixto que incluye los ejes de la Av. Antonio Jaramillo y la Av. Cosme Osorio que sí tienen vegetación.

Con relación al verde urbano el NDVI marca de 0,2 a 0,6 sobre el Parque El Pintado que hace las veces de mediana con una sección de 15 metros y una superficie de 500m², y sobre la Av. Cosme Osorio con amplias zonas de césped en las aceras (10 metros de sección) que suman alrededor de 6300m², finalmente sobre el redondel Atahulpa hay un NDVI de 0,4 a 1. Es importante destacar que los predios privados están altamente consolidados y carecen de jardines interiores lo que hace que la temperatura se mantenga alta a pesar de los parques existentes. En términos de arbolado urbano se identifican 460 árboles de los cuales el 70% está en parterre y el 30% en acera, el 72% tiene una altura de 3 a 15 metros y alcanzan una densidad arbórea alta de 81 a 109 árboles por hectárea.

La zona Teniente Hugo Ortiz tiene una temperatura del aire promedio con la mayor amplitud entre el mínimo y el máximo, estos valores van desde 18,3° C a 29,8° C. Al evaluar la diferencia térmica de manera puntual bajo sombra y sin sombra en los tramos de parterre de las avenidas Mariscal Sucre y Antonio Jaramillo se evidencia menores temperaturas bajo sombra de los árboles, en el primer caso la diferencia térmica varía entre 0,1° C a 8,2° C en 4 de los 5 días, en el segundo caso esta diferencia es entre 0,2° C a 4,9° C. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta que el máximo es de 32,9°C registrado el 9 de marzo la calle Mariscal Sucre, en cambio el mínimo se registra el 6 de marzo con 16,6° C en la misma calle.

6.3.4.11. Mayorista

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 la zona del Mayorista registra un rango térmico de 23,5° C a 26,6° C, la más baja después de Nueva Aurora. De estos resultados la temperatura más baja (23,5° C) está sobre un espacio verde privado de 410m² colindante con la ribera del Machángara, espacialmente se evidencia la influencia de esta ribera y su cuenca hídrica verde porque conforme nos alejamos en sentido contrario la tempera aumenta hasta llegar al máximo de 26,6° C sobre el área residencial mixto de baja altura (1 a 2 pisos). Con relación al verde urbano el NDVI marca de 0,2 a 0,6 sobre espacios verdes en lotes privados, y de 0,6 a 1 sobre la ribera del Machángara que colinda al norte con esta zona. Se identifican apenas 6 árboles.

6.3.4.12. Quitumbe

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Quitumbe registra un rango térmico de 25° C a 28° C. De estos resultados la mayor temperatura (28°C) cubre el conjunto habitacional El Guayanay Uno, con 4 pisos, adosado en las 4 fachadas y área verde interior sin escaso arbolado. En cambio, la temperatura más baja (25° C) está sobre lotes baldíos ubicados entre la Av. Quitumbe Ñan y Ñusta. La temperatura intermedia dominante de 27° C cubre el resto de la zona residencial de mediana densidad que incluye espacios verdes interiores.

Con relación al verde urbano el NDVI marca de 0,2 a 0,6 y cubre aproximadamente un 40% de la zona, cuyos píxeles se distribuyen sobre un conjunto de espacios verdes privados (aproximadamente con 100m² cada uno) al interior de los conjuntos residenciales y sobre una manzana baldía. En términos de arbolado urbano se identifican 251 árboles con una densidad arbórea alta de 81 a 109 árboles por hectárea sobre el parterre de Quitumbe Ñan, de todo el arbolado el 52% tiene una altura inferior a 3 metros y el 68% está en parterre y el 32% restante en acera.

La temperatura promedio de la zona de Quitumbe es similar a la de Miraflores Bajo y varía entre 18,9° C a 26,3°C. La diferencia térmica entre datos tomados bajo sombra y sin sombra en el parterre demuestra que bajo sombra hay entre 0,6 ° C y 5,6 ° C menos. Evaluando temperatura individual por

cada punto se detecta que el máximo es de 27,1°C registrado el 12 de marzo en Av. Quitumbe Ñan, en cambio en mínimo se registra el 6 de marzo con 17,7° C en la misma avenida.

6.3.4.13. Nueva Aurora

Con relación a la temperatura superficial en marzo de 2020 Nueva Aurora registra un amplio rango térmico de 20,7° C a 27,3° C y es la menor temperatura con relación a las 13 zonas. De estos resultados la mayor temperatura (27,3° C) están sobre las canchas deportivas de hormigón del Colegio Réplica Mejía y sobre las canchas sintéticas del Parque Ciudadela del Ejército II, en cambio, la temperatura más baja (20,7° C) cubre una zona con algunos predios baldíos colindantes a la calle S47D. La temperatura intermedia dominante varía de 22° C a 24° C y cubre el resto de la zona con uso residencial de baja densidad (1 a 2 pisos) y edificaciones adosadas en línea de fábrica.

Con relación al verde urbano el NDVI marca un amplia área de 0,2 a 0,8 que cubre en su mayoría la zona superior a la calle S47D debido a la mayor cantidad de predios baldíos. En términos de arbolado urbano se identifican 305 árboles de los cuales el 75,7% está en parterre y el 24,3% en acera, el 57% tiene una altura de 6 a 15 metros y el 22% son menores a 3 metros, en general se alcanza una densidad arbórea alta de 81 a 109 árboles por hectárea.

La temperatura promedio de la zona de Nueva Aurora es similar a la de Quitumbe e Iñaquito y varía entre 18,9° C a 27,7°C. La diferencia térmica entre datos tomados bajo sombra y sin sombra en el parterre de la Av. Quitumbe Ñan demuestra que bajo sombra hay entre 0,2 ° C y 4,4 ° C menos. Evaluando temperatura individual por cada punto se detecta un máximo de 29,4°C registrado el 6 de marzo en Av. Quitumbe Ñan, en cambio en mínimo se registra el 9 de marzo con 18,5° C en la calle Oe2H.

6.4 Discusión

6.4.1 Análisis de los resultados de temperatura y las interrelaciones entre temperatura superficial y del aire.

Los resultados demuestran que el norte es más cálido que el sur, una tendencia comprobada tanto en la temperatura superficial como con la temperatura del aire. En la tabla 5 se resumen todos los resultados térmicos y en ella se comparan los valores máximos de temperatura superficial demostrando que La Delicia y Kennedy llegan hasta 32,8° C, frente a Quitumbe y Nueva Aurora que se quedan en 28° C y 27° C respectivamente, es decir una diferencia marcada de 5,8° C entre norte y sur. Un patrón similar siguen los datos de temperatura superficial mínima con 28° C en la Kennedy frente a 20,7° C en Nueva Aurora.

Tabla 5: Comparación de resultados térmicos de las zonas La Delicia, Kennedy, Ñaquito, Miraflores Bajo, Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Quitumbe y Nueva Aurora.

Cod	Zona Nombre	Área (Ha)	Temperatura promedio por tramo		Temperatura del dato individual de los puntos		Diferencia entre temperatura promedio del aire por tramos y la temperatura superficial		Temperatura de la superficie (°C)		Diferencia de temperatura promedio del aire entre tramos y estaciones metereológicas		Distancia de la estación a la zona piloto (metros)
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Z1	La Delicia	40,6	22,0	34,8	20,1	37,4	-2,1	2,0	24,1	32,8	3,4	16,9	1115
Z2	Kennedy	36,5	20,4	37,8	21,4	34,2	-7,6	5,0	28,0	32,8	2,1	16,8	600
Z5	CAE-Ñaquito	12,6	19,9	28,0	19,4	30,5	-6,0	-1,8	25,9	29,8	0,0	3,8	0
Z6	Miraflores Bajo	20,5	21,1	26,9	21,9	30,1	-3,4	-4,1	24,5	31,0	3,4	11,8	2500
Z9	Rodrigo de Chavez	15,0	23,8	30,0	22,6	32,0	-2,2	1,8	26,0	28,2	3,7	8,4	1350
Z10	Tnte. Hugo Ortíz	35,7	18,3	29,8	16,6	32,9	-8,3	0,2	26,6	29,6	2,8	8,5	2800
Z12	Quitumbe	17,3	18,9	26,3	17,7	27,1	-6,1	-1,7	25,0	28,0	2,3	13,2	1500
Z13	Nueva Aurora	52,1	18,9	27,7	18,5	29,4	-1,8	0,7	20,7	27,0	1,2	11,0	2500

Elaboración: CIUQ (2020)

Con respecto a la temperatura del aire tomada en los 27 tramos comparamos dos tipos de datos, los promedios por tramo y los datos individuales por punto, en el primer caso los máximos en La Delicia y Kennedy llegan hasta 34,8° C y 37,8° C respectivamente, mientras que Quitumbe y Nueva Aurora se quedan en 26,3° C y 27,7° C. Las temperaturas del aire mínimas de los promedios por tramo también siguen la misma tendencia, más cálidas al norte con 22° C y 20,4° y más frías al sur con 18,9° C. En relación a los datos individuales por punto nuevamente el norte registra temperaturas más altas que el sur con unos máximos de 37,4° C y 34,2° C en La Delicia y Kennedy y con 27,1° C y 29,4° C en Quitumbe y Nueva Aurora.

Otro aspecto a resaltar es la estrecha relación entre la temperatura de la superficie y la temperatura del aire, ya que al comparar sus datos máximos se encuentra que 6 de las 8 zonas apenas se diferencian con 0,2° C a 2° C, en el caso de La Kennedy inclusive se registra una temperatura del aire 5° C mayor a la temperatura superficial.

Generalmente la temperatura superficial es mayor debido al calor almacenado y retenido en los materiales durante el día mientras que la temperatura del aire sube en la noche, cuando este calor almacenado es liberado debido al equilibrio térmico (Oke, 1988). Por lo tanto la similitud de temperaturas en los 27 tramos tiene que ver con la diferencia horaria ya que la temperatura superficial es captada por el sensor OLI a las 10h26 cuando el nivel de radiación es menor a la receptada al mediodía, hora en la que se toma la temperatura del aire. Sin duda la temperatura superficial al medio día será aún mayor que la de las 10h26 pero es difícil conocer esos datos con exactitud por la disponibilidad de información, se requeriría otro tipo de equipos más precisos como cámaras termográficas que sobrevuelen los tramos y al mismo tiempo registrar la temperatura del aire.

Al comparar los datos mínimos de temperatura superficial y del aire no se encuentran esas similitudes que sí registran los datos máximos, ya que los promedios más fríos por tramo están influenciados por la temperatura tomada bajo los árboles, y por ende, siempre la temperatura superficial es mayor.

Otro hallazgo es que la temperatura del aire tomada al interior de los cañones urbanos, a la altura de un peatón, es siempre más alta que la registrada por las estaciones meteorológicas oficiales, en la Tabla 5 se evidencia un rango de diferencia muy amplio con una variación de 1,2° C a 16,9° C, es decir que mientras una estación meteorológica registra 19° C, a en un radio de 2000 metros se podría registrar hasta 35,9° C.

Según el equipo técnico del INAMHI el radio de alcance de las estaciones meteorológicas es de 300 a 500 metros, los datos tomados en la zona piloto de Ñaquito están a una distancia comprendida entre 50 a 270 metros de la estación de Ñaquito y aun así existe mayor temperatura, hasta 3,8° C más en la acera que la registrada por la estación en la misma hora.

6.4.2 Influencia de las áreas verdes en la temperatura superficial (mesoescala)

Los resultados demuestran que la vegetación influye en la disminución de la temperatura en dos escalas, una meso en la que los grandes parques ayudan a disminuir la temperatura superficial y una escala micro en la que el arbolado disminuye la temperatura del aire a la altura de un peatón. Adicionalmente se encuentra que hay ciertas características que deben cumplir los parques para que efectivamente cumplan la función termorreguladora del microclima urbano.

La relación más lógica sería pensar que la temperatura superficial baja inmediatamente sobre los espacios verdes, sin embargo, existen condiciones vinculadas a sus dimensiones y nivel de arbolado, en el análisis comparativo de las 13 zonas se detecta que en áreas altamente consolidadas los parques barriales de pequeñas dimensiones (3.087m² a 6.300m²) y poco arbolado quedan absorbidos por sus alrededores con alta temperatura superficial, este es el caso de los Parques Guayaquil (4.130 m²) en La Delicia, Parque La Concepción (3.087m²) en Bicentenario, Parque el Pintado (500 m²) en Teniente Hugo Ortiz y las aceras verdes (6.300 m²) en la Av. Cosme Osorio. Aun considerando que las bandas infrarrojas térmicas 10 y 11 de Landsat 8 tienen una resolución de un pixel de 100 m², en estos parques barriales se debería detectar una disminución térmica ya que comprenden entre 30 a 63 píxeles y sin embargo registran la misma temperatura que sus alrededores urbanizados.

En cambio cuando hay extensas áreas verdes de escala urbana y metropolitana como La Carolina o Guanguiltagua la disminución de temperatura superficial es evidente. Al interior de las 13 zonas piloto solo encontramos un parque amplio con 9.127 m² que evidencia esa disminución térmica, el Parque John F. Kennedy en la zona piloto del mismo nombre, de hecho este espacio público verde registra la menor temperatura con 28° C. En el resto de las zonas, en donde no hay parques con grandes dimensiones y denso arbolado, se detecta un fenómeno interesante, una influencia de las grandes áreas verdes colindantes con las zonas piloto; los casos de la Portugal, San Blas, Rodrigo de Chávez, Mayorista y Miraflores Bajo son los mejores ejemplos de esta influencia.

La zona de la Portugal tiene una baja temperatura en el área que colinda con el Parque de La Carolina, el efecto termorregulador por evapotranspiración de los árboles del parque influyen en casi toda zona piloto manteniéndose entre 27° C a 28° C. De igual manera, la distribución espacial de la

temperatura en la zona de San Blas evidencia una influencia de los parques de La Alameda al norte e Itchimbía al sur, coincidiendo con el rango de temperatura superficial más bajo (26,1°C a 28°C).

La zona Rodrigo de Chávez registra la temperatura más fría (26°C) en la parte colindante con la ribera del Machángara y el Parque Ecológico de Santa Ana, es evidente que la disminución de temperatura se debe a la presencia de estas amplias áreas verdes, ya que conforme nos alejamos de ellas la temperatura sube. El mismo fenómeno lo encontramos en la zona del Mayorista en donde la temperatura más baja (23,5°C) está sobre un espacio verde privado de apenas 410m² pero colindante con la ribera del Machángara, conforme nos alejamos de la ribera la temperatura aumenta hasta llegar a 26,6°C sobre el área residencial impermeable.

En Miraflores Bajo la temperatura más fría (26,5°C a 27,5°C) está sobre las edificaciones con frente a la Av. 10 de Agosto colindante con el parque El Ejido, se nota la influencia del parque porque conforme nos alejamos de él las temperaturas van aumentando a pesar de tener una morfología urbana y albedo en cubierta similares.

Adicionalmente, se identificaron patrones de espacios verdes particulares en las zonas de La Floresta, Quitumbe y Nueva Aurora, en estos casos la impermeabilización no es continua como Teniente Hugo Ortiz o La Delicia, sino más bien hay pequeños o medianos espacios verdes privados como parches dispersos, estos corresponden a patios interiores arbolados en el caso de La Floresta, espacios verdes comunales (120m²) en conjuntos residenciales en el caso de Quitumbe y predios baldíos (100m²) en Nueva Aurora. Estas zonas tienen temperaturas bajas en comparación con áreas de impermeabilización continua, por ejemplo La Floresta registra sobre la zona residencial 28°C, Quitumbe 27°C y Nueva Aurora 24,5°C.

6.4.3 Influencia del arbolado en la temperatura del aire (microescala)

De los 443 datos tomados durante 5 días, 134 fueron registrados bajo la sombra de un árbol y los 309 restantes registrados sin sombra. Los resultados demuestran que la temperatura del aire tomada bajo sombra de un árbol siempre es más baja que la de temperatura tomada sin sombra. En la Tabla 6 se aprecian los rangos de esta diferencia considerando los mínimos y máximos, se comprueba que los mínimos entre un día nublado y otro soleado son similares pero los máximos son más altos en un día soleado, es decir que la diferencia térmica es mayor cuando hace sol.

Tabla 6: Comparación de resultados térmicos bajo sombra y sin sombra de árboles de las zonas La Delicia, Kennedy, Iñaquito, Miraflores Bajo, Rodrigo de Chávez, Teniente Hugo Ortiz, Quitumbe y Nueva Aurora.

Cod	Zona Nombre	Área (Ha)	Nº total de árboles	Diferencia térmica entre datos bajo sombra y sin sombra en un mismo tramo				Humedad Relativa (%)	
				Día nublado		Día soleado		Min	Max
				Min	Max	Min	Max		
Z1	La Delicia	40,6	178	0,6	4,3	4,5	9,5	10	46
Z2	Kennedy	36,5	299	0,3	8,1	0,5	12,4	10	45
Z5	CAE-Iñaquito	12,6	248	-2,1	1,1	0,5	6,3	20	51
Z6	Miraflores Bajo	20,5	185	2,2	7,0	0,1	6,5	34	46
Z9	Rodrigo de Chavez	15,0	224	0,2	1,5	2,6	5,7	29	41
Z10	Tnte. Hugo Ortíz	35,7	460	0,1	8,2	0,2	4,8	10	51
Z12	Quitumbe	17,3	251	0,6	5,6	0,4	5,2	19	45
Z13	Nueva Aurora	52,1	305	0,2	4,4	0,4	1,9	21	48

Elaboración: CIUQ (2020)

Kennedy y La Delicia registran las mayores amplitudes en un día soleado demostrando que los beneficios de la vegetación en la zona norte es urgente, por ejemplo, en la acera de la Av. de Los Algarrobos, en el barrio La Victoria, si estas bajo la sombra de un árbol al medio día, la temperatura del aire es de 19,5° C, a diferencia de 32° C si estas caminado sin sombra de un árbol, es decir que hay una diferencia de 12,4° C. En la zona centro – norte con Iñaquito y Miraflores esa diferencia máxima es de 6,3° C y 6,5° C respectivamente, en la zona centro – sur con Rodrigo de Chávez y Teniente Hugo Ortiz esa diferencia máxima baja a 5,7° C y 4,8° C respectivamente y finalmente en el sur con Quitumbe y Nueva Aurora esa diferencia máxima vuelve a bajar a 5,2° C y 1,9° C. En días nublados también hay diferencia significativa con un máximo de 8,1° C registrados en La Kennedy y 8,2° C en Teniente Hugo Ortiz.

6.4.3.1. Comprobación de hipótesis

En la primera hipótesis se espera que a mayor densidad arbórea menor será la temperatura del aire, los resultados de los seis casos analizados demuestran que la mitad no cumple este supuesto y la otra mitad cumple parcialmente, aquellos que cumplen de manera parcial corresponden a los tramos en los que solo 3 de los 5 días se cumple el supuesto y en el 4to y 5to día los datos son iguales entre sí o contrarios a lo esperado (Ver Cuadro 6).

Cuadro 6: Comprobación de hipótesis y nombres de los tramos

Hipótesis 1: A mayor densidad de árboles menor será la temperatura y viceversa.	Hipótesis 2: A mayor altura de los árboles menor será la temperatura y viceversa.	Hipótesis 3: Los cañones urbanos con arbolado tendrán menor temperatura que aquellos cañones sin arbolado urbano.	
C - Cp	B - Bpz	Bp - Bpz	L - Lp
Jz	F	C - Cp	Hdp - Hdpz
HZ	F - Fdp	C - Cdp	H - Hz
Iz		Fdp - Fdpz	Hp - Hdpz
Gz - Gdp		G - Gz	I - Iz
Gz - Gp		J - Jz	Iz - Ip

Se cumple
 Se cumple parcialmente
 No se cumple

TRAMOS SELECCIONADOS											
Zona		Tramo seleccionado				Zona		Tramo seleccionado			
Nº	Nombre	Nombre de la calle	Orientación de la acera a medir	Código del tramo	Distancia (metros)	Nº	Nombre	Nombre de la calle	Orientación de la acera a medir	Código del tramo	Distancia (metros)
1	La Delicia	Aurelio Espinoza Polit	N	Bdp	334,8	9	Rodrigo de Chávez	Rodrigo de Chavez	O	G	371,8
2	Kennedy	Cap. Ramon Borja	S	B	286,0			Diego de Sandoval	O	Gdp	244,4
		De los Algarrobos	S	Bp	241,7			Gonzalo Diaz de Pineda	O	Gp	336,3
		De los Algarrobos	C	Bpz	241,7			Rodrigo de Chavez	O	Gz	371,8
5	CAE	Cesar Davila Andrade	O	L	125,5	10	Teniente Hugo Ortiz	Mariscal Sucre	E	H	492,0
		Romero y Cordero	O	Lp	185,2			Antonio Jaramillo	N	Hdp	421,5
		Iñaquito	E	C	317,4			Antonio Jaramillo	C	Hdpz	421,5
6	Miraflores Bajo	Juan Gonzales	E	Cdp	246,2	12	Quitumbe	Luis Iturralde	N	Hp	328,0
		Nuñez de Vela	E	Cp	304,9			Mariscal Sucre	C	HZ	482,9
		Asunción	N	F	402,8			Quitumbe Nan	E	J	350,9
		Bogotá	N	Fdp	324,8			Quitumbe Nan	E	Iz	350,9
13	Nueva Aurora	Bogotá	C	Fdpz	67,9	13	Nueva Aurora	Quitumbe Nan	E	I	423,7
		Santiago	N	Fp	333,4			Oe2H	E	Ip	267,1
								Quitumbe Nan	C	Iz	423,7

Elaboración: CIUQ (2020)

Estos resultados se deben, en parte, a la falta de conocimiento sobre las características biofísicas del arbolado como la especie, el estado de mantenimiento o el tipo de poda, haciéndonos perder de vista factores clave en el efecto termorregulador como el ancho de la copa y el tipo de follaje, por lo cual la densidad arbórea analizada en este estudio es un criterio parcial que debe ir acompañado necesariamente de esas características biofísicas.

Figura 134: Ubicación de los tramos



Elaboración: CIUQ (2020)

Por ejemplo en el caso de Rodrigo de Chávez en donde se cumple parcialmente en la comparación de tramos de las calles Diego de Sandoval, Rodrigo de Chávez y Gonzalo Díaz de Pineda, se cree que los resultados están relacionados con la especie, ya que en el parterre de la Av. Rodrigo de Chávez existen varias palmeras cuyo efecto termorregulador es reducido. Otro ejemplo es el de Teniente Hugo Ortiz en el que se esperaba que la zona sur del tramo de la Av. Mariscal Sucre sea más frío por su mayor densidad arbórea, sin embargo, la altura, el tipo de ramificación y el mantenimiento no son los adecuados para tener un efecto de sombra útil. Adicionalmente, en la mayoría de los tramos de las 13 zonas piloto no existe continuidad del arbolado en acera ni en parterre y las zonas más densas suelen ser puntuales y de pocos metros de longitud. En futuros estudios se puede considerar el índice de “densidad de árboles por tramo de calle” (Rueda, 2010):239 propuesto en el Plan de Indicadores de Sostenibilidad de Vitoria Gasteiz, un análisis de densidad parecido al que se ha calculado en el presente estudio pero por metro lineal, en donde se considera la altura y el ancho de copa, por ejemplo, para un árbol mediano de 6 a 15m de altura y 6m de diámetro el índice mínimo aceptable es de 0,26 árboles por metro lineal, es decir un árbol plantado cada 8 metros en el 50% del tramo.

En la segunda hipótesis se espera que a mayor altura de los árboles menor será la temperatura y viceversa, los resultados de un total del 3 casos demuestra que no se cumple el supuesto, una vez más, las características biofísicas están vinculadas con estos resultados, debido a que la altura de un árbol no siempre implica que éste haya crecido de forma natural correcta y que mantenga las proporciones de copa adecuadas.

En la tercera hipótesis en donde se espera que los cañones urbanos arbolados tengan menor temperatura que los no arbolados, se cumple el supuesto en la mayoría de los casos ya que de los 12 tramos 7 se cumplen a cabalidad, 2 parcialmente y 3 no los cumplen. Los casos que siempre cumplen el supuesto corresponden a la comparación de la acera sin arbolado y el parterre paralelo a la misma con arbolado, en todos ellos el parterre tiene suelo permeable que en ocasiones es tierra desnuda y en otras kikuyo.

Se cree que la especie del árbol también puede influir en estos resultados porque en aquellos casos en los que se cumple parcialmente, como en Quitumbe en los tramos de la Av Quitumbe Ñan y en el que no se cumple como en Ñaquito en los tramos de calles Juan González, Ñaquito y Núñez de Vela, coincide que están arbolados con *Callistemon Blanco* o comúnmente llamados Cepillos Blancos.

En cambio en Nueva Aurora en donde se cumple parcialmente se cree que los resultados pueden estar relacionados con la presencia de predios baldíos a lo largo del tramo de la calle Oe2H que influye en los vientos y temperatura del aire. Finalmente el caso de La Kennedy con los tramos de las calles César Dávila Andrade y Romero y Cordero, en donde la hipótesis no se cumple, se cree que los resultados pueden estar vinculados con la altura del arbolado de la calle César Dávila Andrade cuyas sombras son limitadas debido a su mal estado de conservación por malas podas.

En definitiva los resultados de las 3 hipótesis comprueba el nivel de complejidad que implica este tipo de estudios y la necesidad de seguir investigando en la temática con equipos multidisciplinarios que integren profesionales expertos en especies arbóreas, lo que sí queda claro es que la vegetación influye en la temperatura a través de la sombra que proyecta sobre el suelo, brindando mejores condiciones térmicas para los peatones, esas variaciones pueden llegar a ser muy amplias como el caso de la zona norte de Quito en donde se registró la diferencia térmica máxima de 12,5° C.

6.5 Conclusiones

El norte es más cálido que el sur, una tendencia comprobada tanto en la temperatura superficial como en la temperatura del aire a la altura de un peatón, esta diferencia térmica está vinculada, en parte, con la geografía de la ciudad ya que existe una diferencia de altitud de 200 metros aproximadamente entre norte y sur, por ejemplo Nueva Aurora tiene una altitud de 2.965msnm y La Delicia 2.768 msnm; por otro lado, el sur aún se encuentran en proceso de consolidación con la presencia de más predios baldíos con vegetación, en cambio en el norte la urbanización está consolidada y ampliamente impermeabilizada.

Considerando que la temperatura superficial es captada por el sensor OLI a las 10h26 de la mañana, cuando el nivel de radiación es menor a la receptada al mediodía, sin duda la temperatura superficial máxima diaria será aún mayor que la analizada en el presente estudio. Para captar dichos máximos es necesario disponer de otro tipo de equipos más precisos como cámaras termográficas que sobrevuelen los tramos y al mismo tiempo registrar la temperatura del aire.

La temperatura del aire tomada al interior de los cañones urbanos, a la altura de un peatón, es siempre más alta que la registrada por las estaciones meteorológicas oficiales, el estudio evidencia un rango de diferencia muy amplio con una variación de 1,2º C a 16,9º C, es decir que mientras una estación meteorológica registra 19º C, a en un radio de 2000 metros se podría registra hasta 35,9º C.

La vegetación influye en la disminución de la temperatura en dos escalas, una meso en la que los grandes parques ayudan a disminuir la temperatura superficial y una escala micro en la que el arbolado disminuye la temperatura del aire a la altura de un peatón, pero adicionalmente hay algunas características que deben cumplir los parques y el arbolado para que efectivamente cumplan la función termorreguladora en el microclima urbano.

En el caso de los parques es necesario que tengan grandes extensiones para influenciar en la temperatura superficial, el estudio de las 13 zonas piloto muestra que el parque con dimensiones superiores a los 9.000 m² si influencia en la disminución térmica a las 10h26 de la mañana, es decir que al medio día, con el sol en el cenit, esta capacidad termorreguladora se multiplicará positivamente. Además, dependerá de la existencia de arbolado para que la disminución térmica sea efectiva.

En el caso del arbolado se evidencia la necesidad de que el árbol alcance su crecimiento natural tanto en altura como en la estructura de su copa, caso contrario el efecto termorregulador es nulo, esto ha sido corroborado al interpretar la negación y afirmación parcial de las hipótesis uno y dos, relativas a la densidad y altura del árbol. La falta de conocimiento sobre las características biofísicas del arbolado como la especie, el estado de mantenimiento o el tipo de poda, hizo perder de vista factores clave en el efecto termorregulador como el ancho de la copa y el tipo de follaje, por lo cual la densidad arbórea analizada en este estudio es un criterios parcial que debe ir acompañado necesariamente de esas características biofísicas.

Existe una influencia de las grandes áreas verdes colindantes con las zonas piloto de la Portugal (La Carolina), San Blas (Alameda e Itchimbía), Rodrigo de Chávez (Río Machángara y Parque Ecológico), Mayorista (Río Machángara) y Miraflores Bajo (El Ejido), en todos estos casos la temperatura de las zonas piloto disminuyen en la zona colindante con estos amplios espacios verdes y aumenta conforme nos alejamos de ellos.

Se identificaron patrones de espacios verdes particulares en las zonas de La Floresta, Quitumbe y Nueva Aurora, en estos casos la impermeabilización no es continua como Teniente Hugo Ortiz o La Delicia, sino más bien hay pequeños o medianos espacios verdes privados como parches dispersos, estos corresponden a patios interiores arbolados en el caso de La Floresta, espacios verdes comunales (120m²) en conjuntos residenciales en el caso de Quitumbe y predios baldíos (100m²) en Nueva Aurora. Estas zonas tienen temperaturas bajas en comparación con áreas de impermeabilización continua, por ejemplo La Floresta registra sobre la zona residencial 28° C, Quitumbe 27° C y Nueva Aurora 24,5° C.

En definitiva los resultados de las 3 hipótesis comprueba el nivel de complejidad que implica este tipo de estudios y la necesidad de seguir investigando en la temática con equipos multidisciplinarios que integren profesionales expertos en especies arbóreas, lo que sí queda claro es que la vegetación influye en la temperatura a través de la sombra que proyecta sobre el suelo, los resultados demuestran que la temperatura del aire tomada bajo sombra de un árbol siempre es más baja que la de temperatura tomada sin sombra, el arbolado bien cuidado definitivamente brinda mejores condiciones térmicas para los peatones, por ejemplo, en la acera de la Av. de Los Algarrobos, en el barrio La Victoria, si estas bajo la sombra de un árbol al medio día, la temperatura del aire es de 19,5° C, a diferencia de 32° C si estas caminado sin sombra de un árbol, es decir que hay una diferencia de 12,4° C.

Bibliografía

- Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM. *Knowledge Portal, UNSPIDER*.
Último acceso, 1.
- Bustamante, A., & Orellana, D. (2017). *Caracterización de la isla de calor urbana en Cuenca (Ecuador). Efectos de la morfología urbana.*
- Nicholls Andrade, J. J. (2018). *La ciudad y sus árboles: Estudio de caso de dos barrios quiteños a través de sus imaginarios.* (Maestría en Estudios Urbanos), Flacso Ecuador, Quito, Ecuador.
- Oke. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 12(4), 471-508. doi:10.1177/030913338801200401
- Oke, T. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11, 103-113. doi:10.1016/0378-7788(88)90026-6
- Polo Abad, J. (2016). *Manual Técnico de Arbolado Urbano.* Quito.
- Rueda, S. (2010). Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-Gasteiz. *Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Ayuntamiento Vitoria Gasteiz.*

6.6 ANEXOS

Carolina Manzano Responsable

ZONA 3
C: CAE

Día: Viernes

Fecha: 13 marzo 2020

Hora de inicio: 12:50

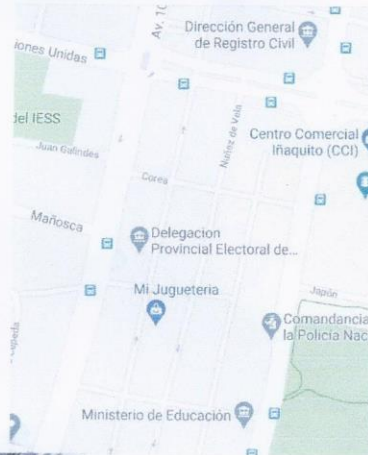
Hora de finalización: 13:22

Tramo C: IÑAQUITO

Tramo C': NÚÑEZ DE VELA

Tramo C'': JUAN GONZÁLES

Condiciones meteorológicas al momento de tomar la temperatura	
Nublado	
Parcialmente nublado	x
Despejado	



Observaciones:

ACERA ESTE - Tramo C: IÑAQUITO							
Nº de punto	Tem °C IN	Tem °C OUT	HR (%)	HORA	Bajo sombra	Al costado del árbol	Nota
P 5	29,2	24,0	34%	13:05	x		Nublado
P 6	29,0	24,9	35%	13:06		x	"
P 7	28,5	23,1	34%	13:10			"
P 8	27,2	22,0	36%	13:13		x	"
P							

ACERA ESTE - Tramo C': NÚÑEZ DE VELA							
Nº de punto	Tem °C IN	Tem °C OUT	HR (%)	HORA	Bajo sombra	Al costado del árbol	Nota
P 1	27,1	21,0	39%	12:50	x		Sale el sol + viento
P 2	29,1	20,5	32%	12:53		x	"
P 3	30,9	22,1	30%	12:56	x		Se nubla + viento
P 4	30,5	25,2	34%	12:59			Nublado
P							

ACERA ESTE - Tramo C'': JUAN GONZÁLES							
Nº de punto	Tem °C IN	Tem °C OUT	HR (%)	HORA	Bajo sombra	Al costado del árbol	Nota
P 9	25,5	21,0	38%	13:19			Nublado
P 10	25,7	22,4	39%	13:22			"
P							



Los efectos de la urbanización y el cambio climático están convergiendo de modo peligroso. Las ciudades son las principales contribuyentes al cambio climático, aunque representan menos del 2% de la superficie de la tierra, las ciudades consumen el 78% de la energía mundial, y producen más del 60 % del total de dióxido de carbono, así como un monto significativo de las emisiones de los gases del efecto invernadero; principalmente a través de la generación de energía, vehículos, industria y uso de la biomasa. (ONU HABITAT 2011)

FASE III

En esta fase se realiza la clasificación *Local Climate Zone* (LCZ) de Stewart & Oke (2012), la valoración de las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades térmicas en 13 zonas piloto, para conocer como aportan en la formación de los efectos de la isla de calor urbano (ICU) en la Ciudad de Quito.

La clasificación LCZ es obtenida de la tesis doctoral Ciudad y cambio microclimático de la Ciudad de Quito ((MAIGUA, 2020)); en la valoración de las propiedades de geometría urbana se analiza el cañón urbano, sky view factor (SFV), aspect ratio; en la cobertura de superficie se analiza las áreas permeables, impermeables, área de construcción y densidad de construcción; en la valoración de las propiedades termales se analiza el albedo (reflectancia) y el calor antropogénico.

Para la clasificación LCZ se aplica la técnica de teledetección y el método de clasificación supervisada a través de selección de áreas de entrenamiento, este procedimiento es basado en la iniciativa WUDAPT. En la valoración de la geometría urbana, cobertura de superficie y valoración térmica se realiza a través del software libre QGIS, el plugin.

Una vez obtenidos los resultados a través de una matriz se procesan los datos de valoración y con gráficos estadísticos se observa el comportamiento de los parámetros de valoración en las 13 zonas piloto y como aportan en los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito.

En los resultados obtenidos, las zonas permeables disminuyen la temperatura de la superficie; sin embargo, las zonas permeables con vegetación conservada y arborización densa son las que contribuyen significativamente a la disminución de los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito y las zonas permeables con vegetación seca y suelo descubierto a pesar de ser permeables sino son conservadas tienen el mismo comportamiento termal que las superficies impermeables (asfalto y concreto) las cuales almacenan grandes cantidades de calor.

7. FASE III

7.1. Antecedentes de investigación

La isla de calor urbano (ICU) evidencia el impacto del hábitat construido sobre el medio físico y su efecto produce el aumento de temperatura en el aire. La mayoría de las emisiones GEI (gas efecto invernadero) que contribuyen al cambio climático global, provienen de zonas urbanas. Desde este contexto varios estudios científicos relacionados con la climatología urbana han sido realizados por investigadores como Helmut E. Landsberg (1981), Timothy R. Oke (1982, 2012) y Sue Grimmond (2007) entre otros, quienes son parte de International Association for Urban Climate⁶ y la base teórica de esta investigación.

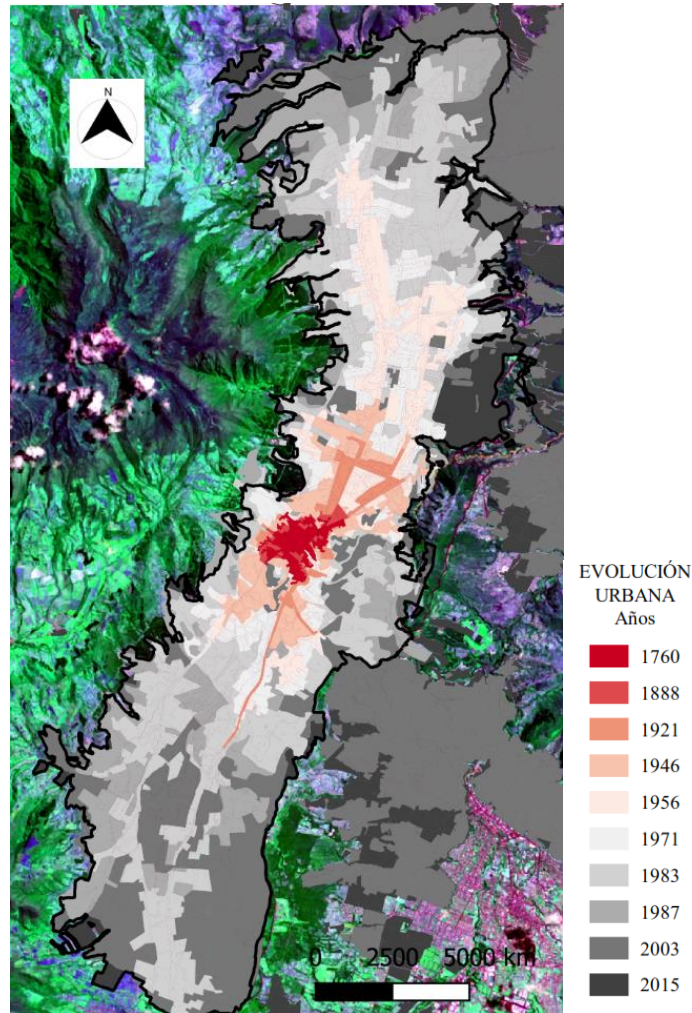
Según LANDSBERG (1981, p. 9), el rápido aumento en el tamaño de las áreas metropolitanas después de la Segunda Guerra Mundial y la creciente industrialización, con cambios alarmantes en los aerosoles, el deterioro de la visibilidad y muchas otras alteraciones atmosféricas condujeron a una multiplicidad de estudios de clima urbano, además, indica que la distinción entre los entornos urbanos y rurales circundantes radica en su estructura superficial completamente diferente. En términos cualitativos, el paisaje natural o agrícola se caracteriza por la vegetación y un suelo productivo, generalmente permeable. El área urbana, en contraste, tiene una cobertura de superficie altamente compacta e impermeable. En estos dos escenarios el almacenamiento del calor es diferente.

Por otra parte, Stewart y Oke (2012, p.1881), indican cinco causas del efecto isla de calor urbano (ICU). Cada una representa una modificación del balance de energía en la superficie y la radiación; 1) Mayor absorción de la radiación solar debido a la reflexión múltiple y la captura de radiación mediante la construcción de paredes y superficies verticales en la ciudad, 2) Mayor retención de la radiación infrarroja en los cañones de la calle debido a la visión restringida del hemisferio del cielo, 3) Mayor captación y demora en la liberación de calor por parte de edificios y superficies pavimentadas en la ciudad, 4) La mayor parte de la radiación solar absorbida en la superficie se convierte en formas de calor sensibles en lugar de latentes y 5) Mayor liberación de calor sensible y latente de la quema de combustibles para el transporte urbano, la industria y el uso de calefacción y aire acondicionado en edificaciones.

La Ciudad de Quito no está exenta de la modificación del clima urbano, si miramos la evolución urbana que ha tenido desde sus inicios (Ver figura 135), podemos constatar la manera como se alterado el paisaje natural. La urbanización ha traído diversidad en la geometría urbana (cañón urbano), cambio en la cobertura de superficie permeable (vegetación baja, arborización y suelos descubiertos) a impermeable (pavimento), a esto se suma los materiales de construcción (vidrio, concreto, metal, etc.) en las edificaciones y la gran concentración de estas características han modifican el microclima urbano de la Ciudad de Quito, como es la temperatura de superficie, temperatura del aire, albedo (reflectancia), calor antropogénico, absorción del calor, humedad, vientos, entre otros.

⁶ Asociación internacional para el Clima Urbano, (INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR URBAN CLIMATE, 2004)

Figura 135: Evolución urbana de la Ciudad de Quito por años

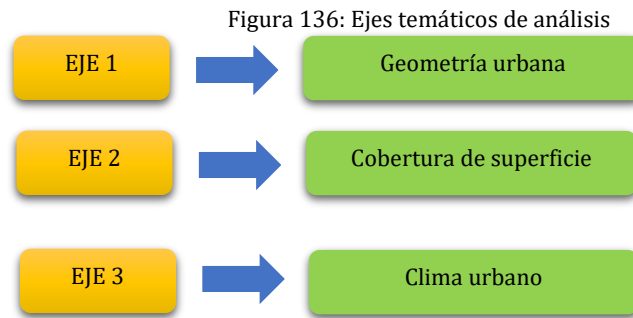


Fuente: (MUNICIPIO DE QUITO, 2018)

Desde el mencionado contexto la presente investigación plantea tres objetivos específicos en las 13 zonas piloto de la Ciudad de Quito.

1. Valorar las propiedades de geometría urbana.
2. Valorar las propiedades de cobertura de superficie y
3. Valorar las propiedades termales.

Para ello, se divide en tres ejes temáticos a ser analizados los cuales se encuentran enlazados con los objetivos mencionados. Siendo el eje 1, la valoración de las propiedades de geometría urbana; eje 2, cobertura de superficie y eje 3, propiedades termales; para conocer como están relacionadas entre sí y como aportan en los efectos de la isla de calor urbano (ICU), con la finalidad identificar los problemas existentes y ser la base para futuros proyectos urbanos.



Elaborado por: CIUQ (2020)

Los tres ejes temáticos tienen parámetros para su valoración los cuales son las variables de análisis. En cada eje temático se realiza una revisión de los conceptos.

1. Geometría urbana
 - a. Clasificación Local Climate Zone
 - b. SFV
 - c. Aspect ratio
2. Cobertura de superficie
 - a. Superficie impermeable
 - b. Superficie permeable
 - c. Volumen de construcción
 - d. Materialidad
3. Clima urbano
 - a. Albedo
 - b. Qf (calor antropogénico)
 - c. Temperatura de la superficie
 - d. Vientos
 - e. Humedad
 - f. Precipitación
 - g. Radiación solar

7.2. Revisión conceptual

7.2.1. Eje 1 – Geometría urbana

7.2.1.1. Clasificación local climate zone (LCZ)

La teoría LCZ sugiere clasificar las ciudades en 10 prototipos de geometría urbana y 7 prototipos de cobertura de superficie, cada prototipo posee características únicas que influyen en la formación de ICU.

Figura 137: Clasificación *Local Climate Zone (LCZ)*

Built types	Definition	Land cover types	Definition
1. Compact high-rise	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of mid-rise buildings (3-9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1-3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3-9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1-3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1-3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.		
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).		
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.		

Fuente: (Stewart & Oke, 2012)

Esta clasificación LCZ indica, “La agrupación de características comunes influyen en la temperatura de la estructura de la superficie (altura y espaciado de los edificios y los árboles) y la cobertura de la superficie (permeable o impermeable).” (I. D. Stewart & Oke, 2012). Esta teoría es parte de la iniciativa WUDAPT7 que pretende clasificar a las ciudades C408, en donde forma parte la Ciudad de Quito.

La estructura superficial afecta el clima local a través de la modificación del flujo de aire bajo, el transporte de calor atmosférico y los balances de radiación de onda corta y onda larga, mientras que la cobertura superficial modifica el albedo, la disponibilidad de humedad y el potencial de calefacción / refrigeración del suelo.

Estas propiedades tienden a "agruparse" espacialmente, de modo que en lugares donde la relación alto-ancho de construcción es grande, también lo es la fracción de cobertura impermeable y la densidad de materiales de construcción urbana.

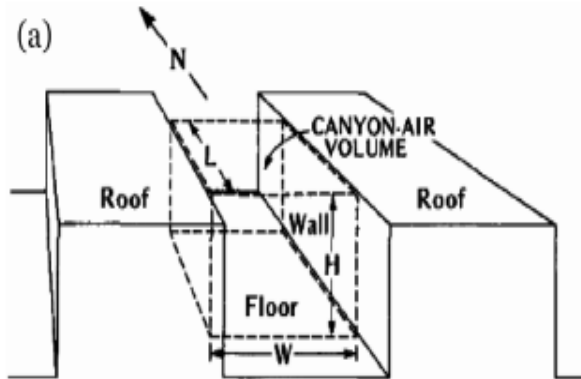
La geometría urbana, definida por los tamaños y formas de los edificios; además, las distancias entre ellos, influyen en el flujo de calor dentro de un paisaje urbano, es por ello que se analiza su principal componente, el cañón urbano y los elementos que lo conforman.

⁷ WUDAPT (The World Urban Database and Access Portal Tools) (WUDAPT, 2017)

⁸ C40 es la red de grandes ciudades de todo el mundo dirigida a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Fue establecida en 2005 con la representación 18 capitales...(C40 CITIES, 2020)

El cañón urbano se encuentra conformado por H (altura de edificaciones), W (ancho de vía) y L (longitud de las edificaciones). El presente estudio analiza en el cañón urbano, el parámetro aspect ratio que es la relación W/H y Sky view factor (SFV) o factor de visión de cielo. Oke (1982), indica que existe mayor retención de radiación infrarroja en los cañones urbanos, esta condición sucede cuando existen edificios muy altos y compactos.

Figura 138: Cañón urbano



Fuente: (Oke, 1987)

Figura 139: Cañón urbano



Elaborado por: CIUQ (2020)

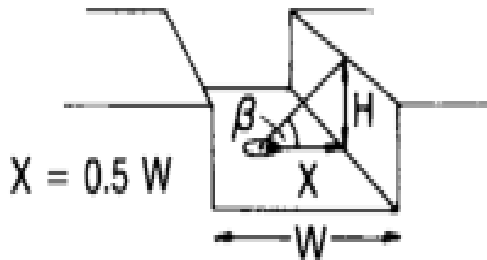
7.2.1.2. Aspect Ratio

Aspect ratio, según Stewart & Oke (2012) es la relación entre H/W , esta relación es importante para conocer el comportamiento del flujo del aire en el cañón urbano, sombras, etc. (Ver figura 25); además, la relación L/H en donde L es la longitud de los edificios y H la altura, permite conocer la permeabilidad de los elementos. Aspect ratio afecta al flujo del aire superficial y al calentamiento o enfriamiento por radiación. Para Oke (1988, p.105) también es de esperar que H/W esté relacionado con otras características físicas asociadas con la densidad del desarrollo del edificio. Se puede esperar que mayores densidades estén acompañadas por mayores cantidades de cubierta impermeable, materiales con mayor admitancia térmica y mayor densidad de flujo de calor antropogénico. A su vez, estas características favorecerán el calor sensible en lugar del latente, el almacenamiento de calor en lugar del intercambio de calor y la disponibilidad de energía adicional.

7.2.1.3. Sky view factor (SFV)

Sky view factor (SFV) o factor de visión del cielo, “... representa la relación de un punto en el espacio entre el cielo visible y un hemisferio centrado sobre una ubicación analizada...” Oke (1987), esa ubicación es el cañón urbano; el cálculo de SFV está representada por la ecuación ψ_{sky} (Ver ecuación 1). SFV varía con la altura y la separación de los edificios y árboles. Afecta al calentamiento o enfriamiento por radiación de la superficie. El valor se encuentra entre 0 y 1, en donde el valor 0 es caótico y 1 es óptimo.

Figura 140: Sky View Factor (SFV)



Fuente: (Oke, 1987)

Ecuación 1: Sky View Factor (SFV)

$$\psi_{sky} = \cos^2 \beta$$

Fuente: (Oke, 1987)

Figura 141: Sky View Factor en Quito, ejemplo



Fuente: Elaboración propia

En donde $\beta = \tan^{-1}(H / X)$; H es la altura de los árboles alrededor del perímetro y X es el radio del cañón urbano.

Otros parámetros contribuyen con la conformación de ICU como es la fracción de superficie de construcción, fracción de superficie permeable e impermeable, fracción de cobertura vegetal, arborización y agua. “Además, la altura de los edificios y árboles afectan a la reflectividad⁹ de la superficie, los regímenes de flujo y la dispersión de calor sobre el suelo.” (Davenport, Grimmond, Oke, & Wieringa, 2000, p.97).

7.2.2. Eje 2 - Cobertura de superficie

Steward & Oke (2012) indican que gran parte de la radiación solar absorbida en la superficie se convierte en formas de calor sensibles en lugar de latentes. Este efecto se debe a la sustitución de

⁹ reflectividad. Propiedad de una superficie que describe qué fracción de energía incidente es reflejada por la superficie. (Almanza, 2009, p. 460)

suelos y plantas húmedas por pavimentadas e impermeabilizadas superficies, y una disminución resultante en la evaporación de la superficie.

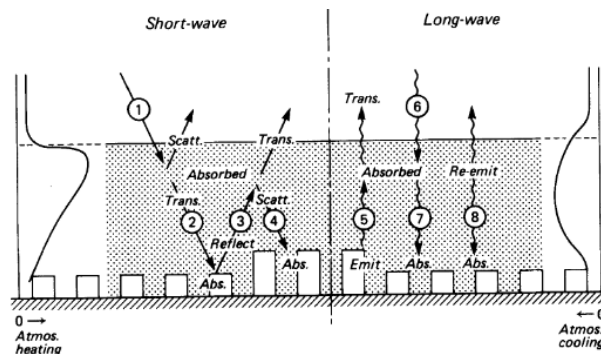
- Fracción de cobertura de superficie impermeable**, es la proporción de la superficie del suelo con cubierta impermeable (pavimento, roca). Afecta la reflectividad de la superficie, la disponibilidad de humedad y el potencial de calefacción / refrigeración del suelo.
- Fracción de cobertura de superficie permeable**, es la proporción de superficie del suelo con cubierta permeable (suelo desnudo, vegetación y agua). Afecta la reflectividad de la superficie, la disponibilidad de humedad y el potencial de calefacción / refrigeración del suelo.
- Densidad de construcción**, afecta la reflectividad de la superficie y la dispersión de calor sobre el suelo.

7.2.3. Eje 3 – Clima urbano

Oke (1982, p.14) indica que a mayor absorción de radiación solar existe múltiples reflejos y atrapamiento de radiación al construir muros y superficies verticales en la ciudad. La mayor absorción no se debe, como a menudo se supone, debido únicamente al menor albedo de los materiales urbanos. También indica que existe una mayor absorción y liberación retardada de calor por edificios y superficies pavimentadas en la ciudad. A menudo incorrectamente atribuido solo a las propiedades térmicas de los materiales, este efecto es también debido a la "trampa" de radiación solar e infrarroja y a la reducción de las pérdidas por convección en la capa de dosel donde se retrasa el flujo de aire.

- Albedo**, es la reflexividad superficial al potencial de calentamiento por radiación. Varía según el color de la superficie, la humedad y la aspereza.

Figura 142: Albedo



Fuente: (Oke, 1982, p.13)

- Calor antropogénico (Qf)**, es la densidad media anual de flujo de calor antropogénico a escala local. Las fuentes de calor incluyen motores de vehículos, procesos de combustión industriales /

domésticos, refrigeración / calefacción de espacios y metabolismo humano. Varía significativamente con la latitud, la estación y la densidad de población. Además, que el calor y la humedad también se liberan del metabolismo humano, pero esto suele ser un componente menor del balance energético de superficie. Es expresado como Q_f (calor antropogénico). Oke (1982, p. 9) indica que existe una mayor liberación de calor sensible y latente de la combustión de hidrocarburos para transporte urbano, procesamiento industrial y calefacción / refrigeración de espacios domésticos.

Ecuación 2: Ecuación de calor antropogénico

$$Q_F = Q_{Fb} + Q_{Fv} + Q_{Fm}$$

Fuente: (STEWART; KENNEDY, 2015, p.1)

7.3. Metodología

7.3.1. Eje 1 – Geometría urbana

La clasificación LCZ se realiza con la técnica de teledección y el método de clasificación supervisada a través de selección de áreas de entrenamiento, para ello se usa la imagen satelital Landsat 8 (09-10-2019). La clasificación LCZ es tomada de la tesis Ciudad y cambio microclimático (MAIGUA, 2020), en dicha clasificación se identifica las 13 zonas piloto

Una vez realizada la clasificación, a través de gráficos estadísticos se identifica el prototipo que predomina en cada una de 13 zonas piloto y en ellas se realiza la valoración de las propiedades de geometría urbana siendo los parámetros a ser valorados sky view factor (SFV) y aspect ratio, con el software de código abierto QGIS y el plugin UMEP.

7.3.2. Eje 2 – Cobertura de superficie

Para la identificación de la superficie impermeable y permeable con el software QGIS se realiza la extracción de la información de área de construcción de edificaciones, aceras, vías, parterre y parques, dicha información se toma del geoportal del Municipio de Quito, a esta información se adiciona el arbolado urbano, información entregada por la Universidad ESPE.

Para la cuantificación del área permeable se suma el área de parques, parterre, jardines frontales e internos de las edificaciones y los alcorques (estimación de 0,4 x 0,4 cm).

7.3.3. Eje 3 – Clima urbano

Se realiza el cálculo del albedo y radiación solar (directa) con el software Qgis y SAGA GIS respectivamente basándose en la imagen satelital Landsat 8 (09-10-2019), el calor antropogénico se

calcula con la información entregada por la empresa eléctrica de Quito, el consumo de combustible y la densidad poblacional (INEC).

Los datos de viento, humedad y precipitación son tomados del INAMHI.

La información de Temperatura de superficie se basa en la información de la Fase I.

Una vez obtenidos los resultados son analizados a través de una matriz resumen, gráficos y cuadros estadísticos por cada zona piloto para visualizar su comportamiento en las 13 zonas piloto.

7.4. Resultados

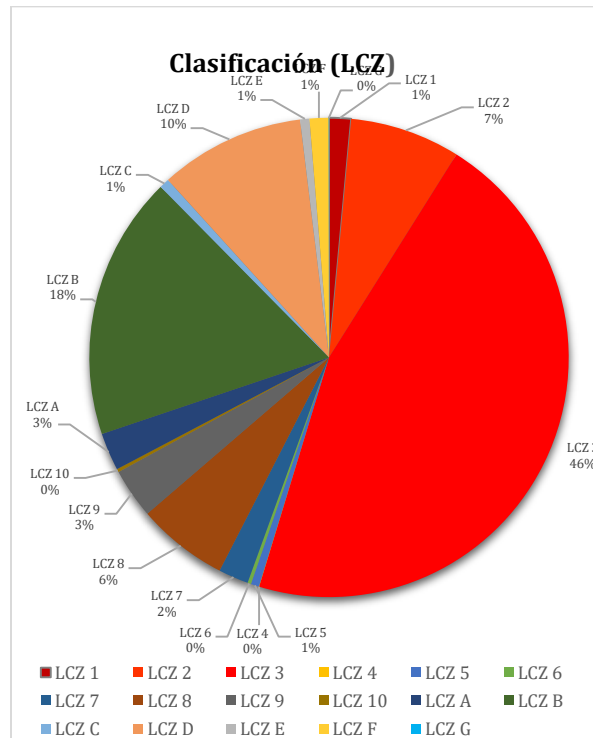
7.4.1. Eje 1 – Valoración de las propiedades de geometría urbana

7.4.1.1. Clasificación Local Climate Zone (LCZ)

Para este parámetro se tomó como referencia la clasificación realizada en la tesis doctoral Ciudad y cambio microclimático de la Ciudad de Quito, en donde se puede observar la clasificación del Distrito Metropolitano de Quito y en una aproximación se visualiza el Cantón Quito –Parroquias urbanas, dentro de este estudio se identifica las 13 zonas piloto; sin embargo, de acuerdo al estudio (MAIGUA, 2020) se conoce que en la Ciudad de Quito predomina la clasificación LCZ 3, B, D, 2, 8 (Ver tabla 1) los cuerpos de agua con la que se identifica LCZ G son casi nulos, en la figura 9 se identifica que LCZ 3 tiene el 46% de presencia seguido de LCZ B con 18%, LCZ D 10%, LCZ 2 7% y LCZ 8 6%.

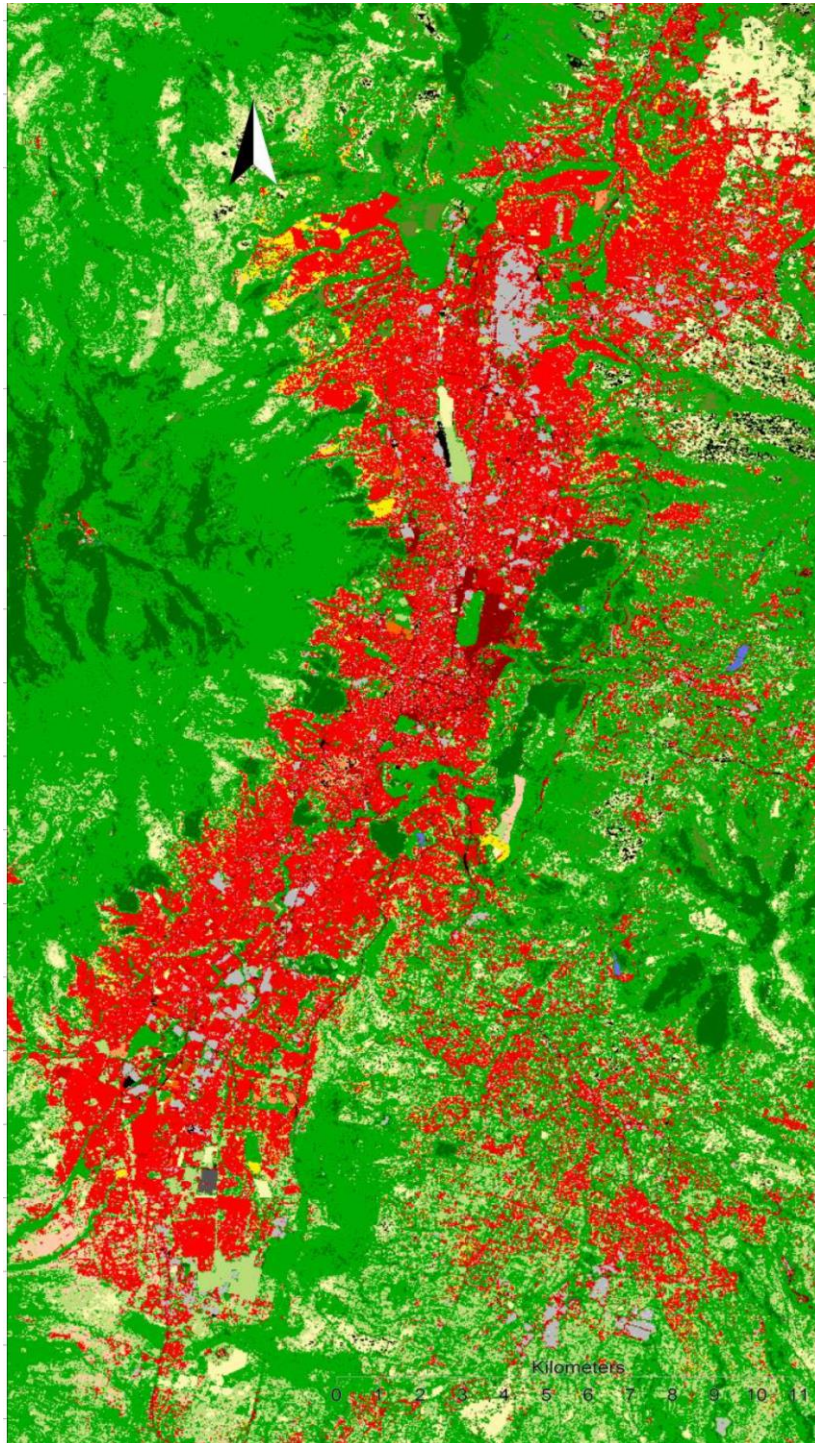
Tabla 7: Local Climate Zone – Ciudad de Quito

LCZ	Área (km ²)	Cantidad
LCZ 1	3	75
LCZ 2	15,12	378
LCZ 3	92,92	2.323,00
LCZ 4	0,04	1
LCZ 5	1,12	28
LCZ 6	0,48	12
LCZ 7	4,12	103
LCZ 8	12,48	312
LCZ 9	6,84	171
LCZ 10	0,44	11
LCZ A	5,16	129
LCZ B	36,08	902
LCZ C	1,36	34
LCZ D	19,88	497
LCZ E	1,28	32
LCZ F	2,6	65
LCZ G	0,04	1

Figura 143: Porcentajes de LCZ en la Ciudad de Quito

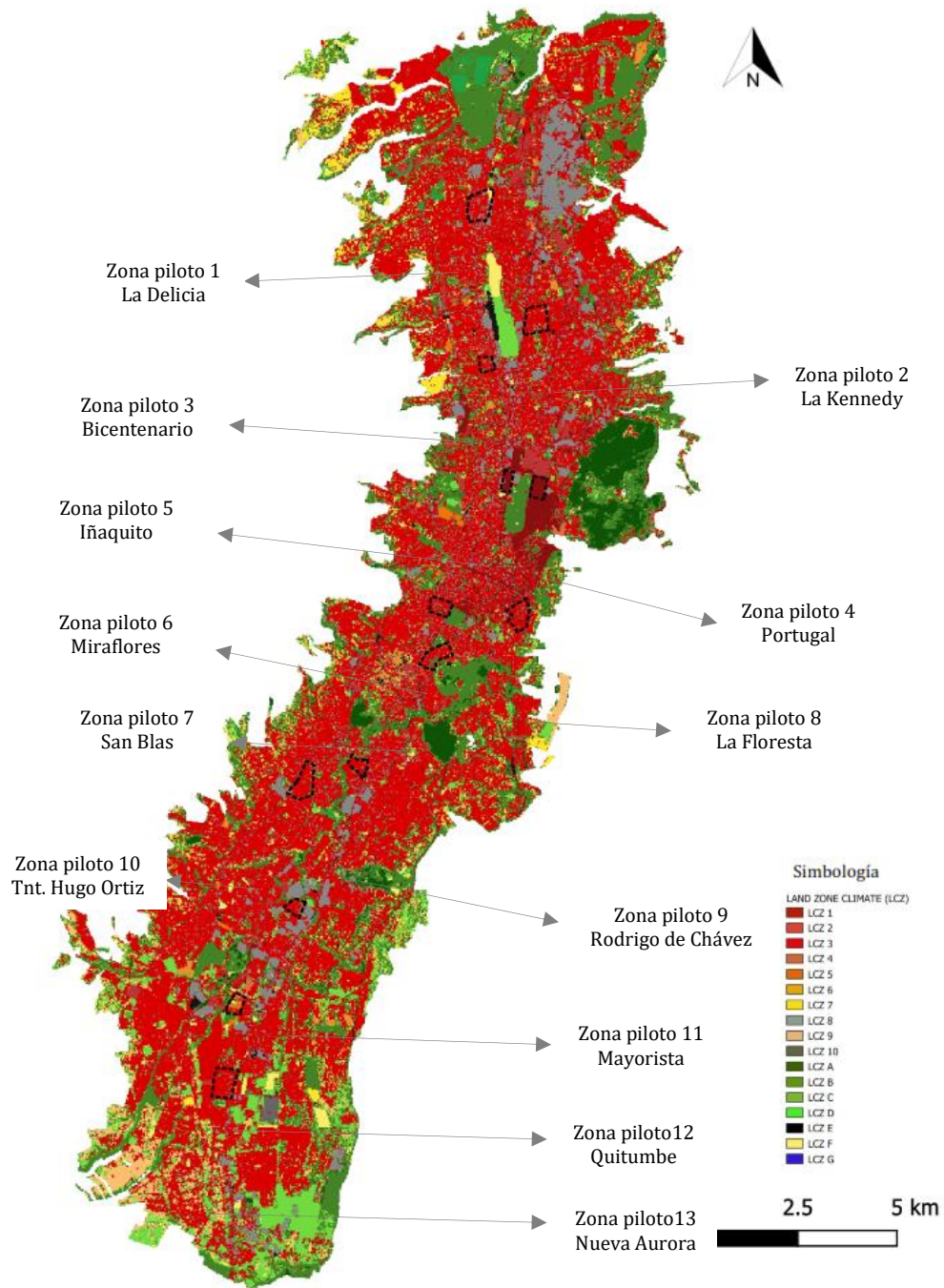
Fuente: MAIGUA (2020)

Una vez identificadas las 13 zonas piloto en este estudio se procede a extraer los prototipos LCZ que conforman dichas zonas.

Mapa 14 Zonas climáticas locales (LCZ) Distrito Metropolitano de Quito

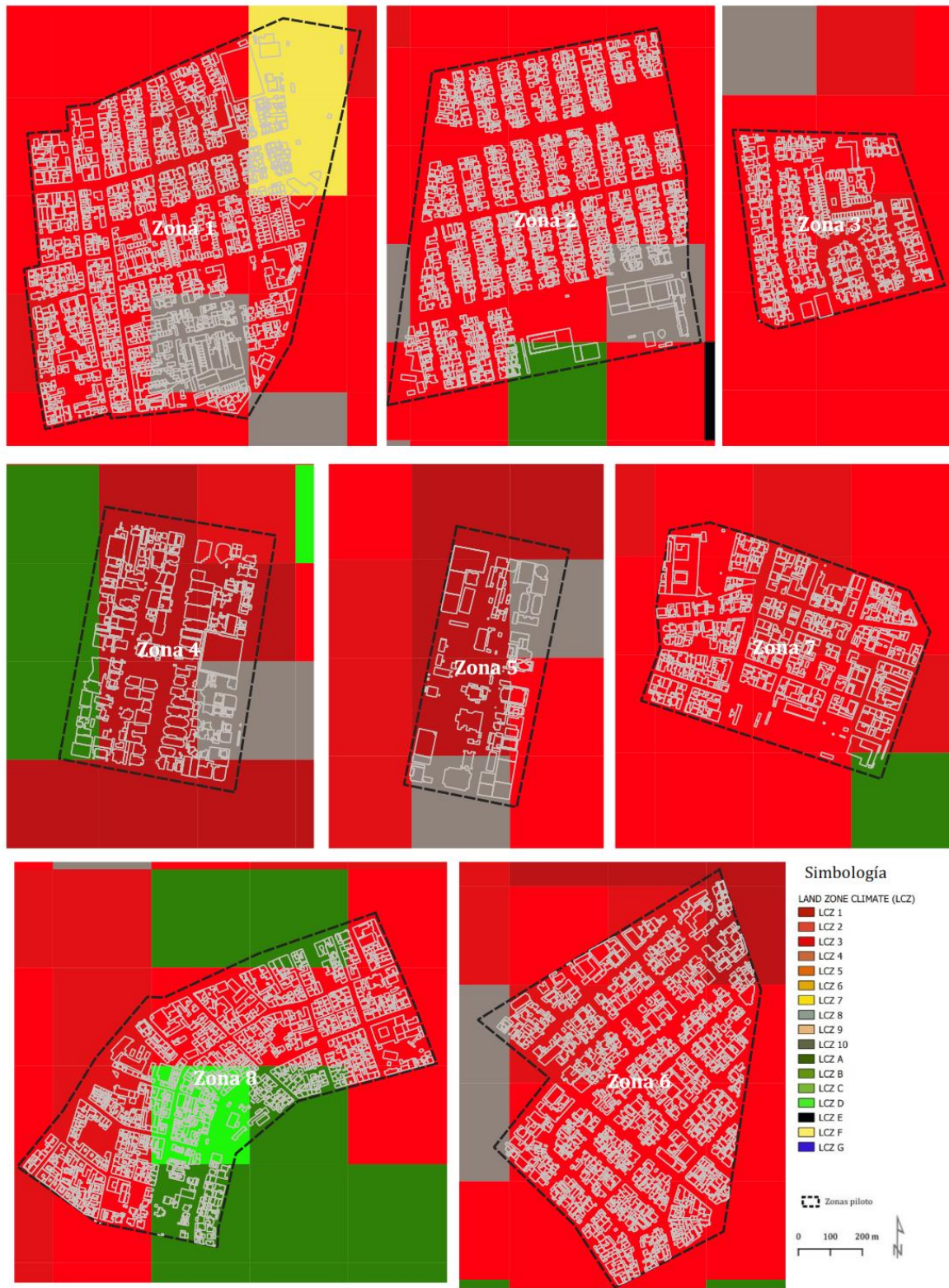
Fuente: (MAIGUA, 2020)

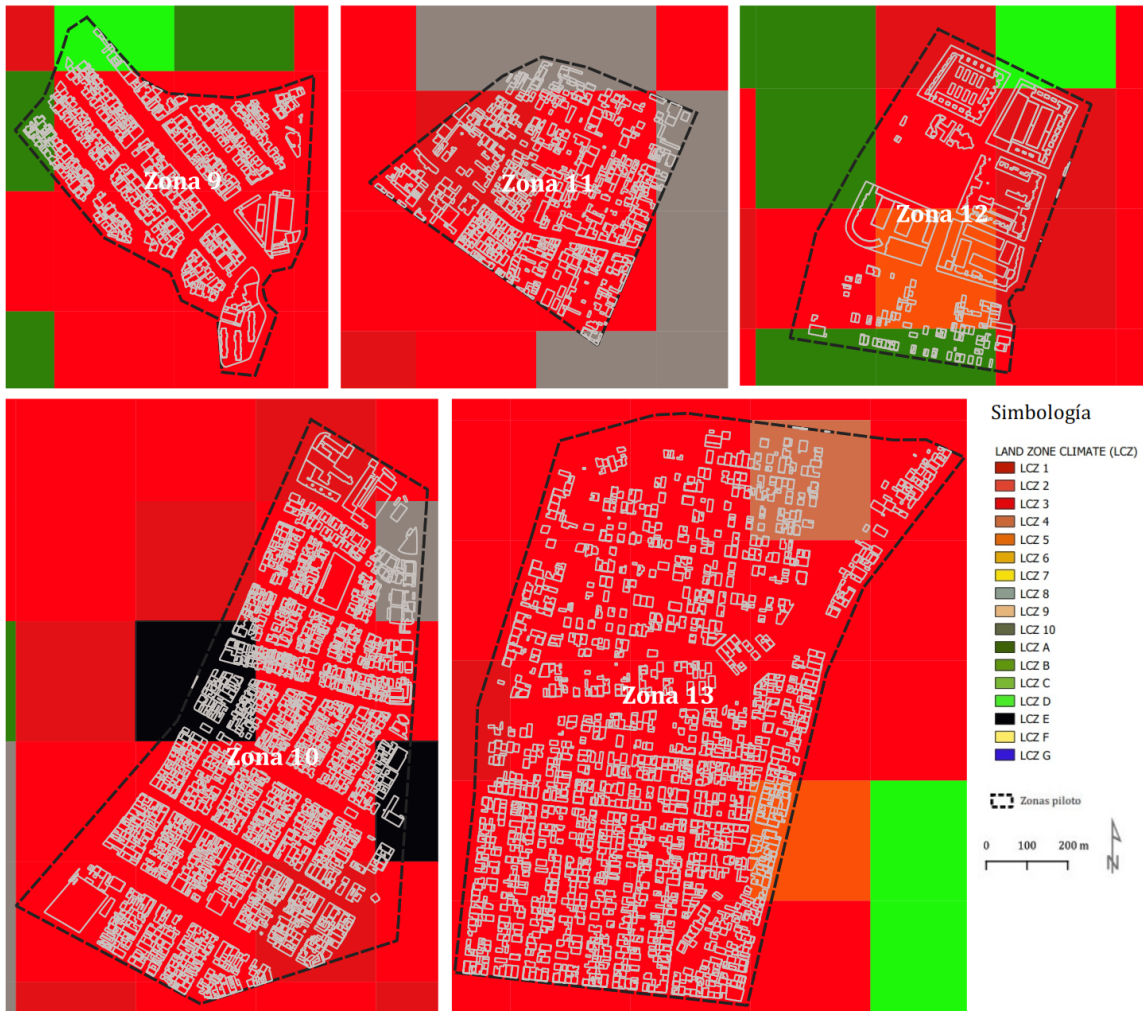
Mapa 15 Zonas climáticas locales (LCZ) - Parroquias Urbanas



Fuente: (MAIGUA, 2020)

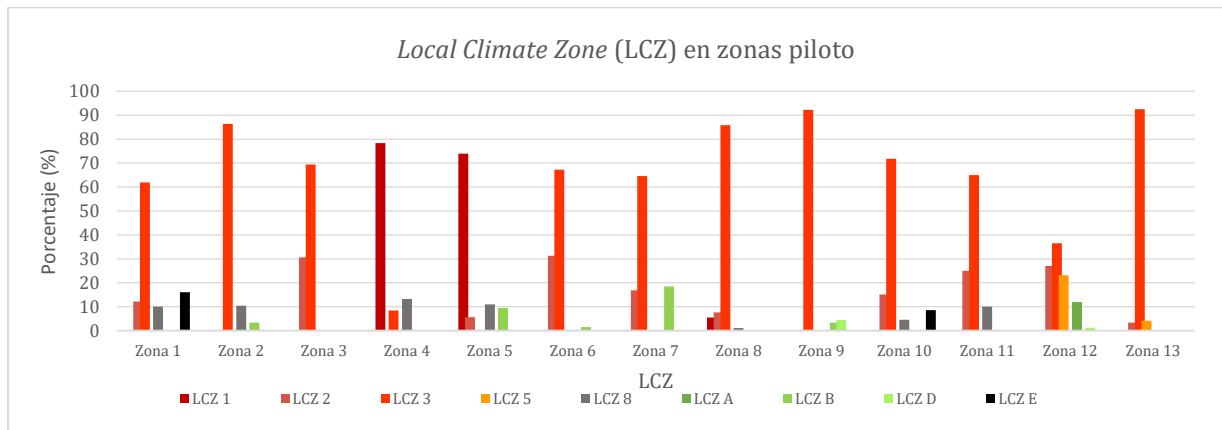
Figura 144: Mapas de clasificación *Local Climate Zone (LCZ)*





Fuente: CIUQ (2020)

Figura 145: Porcentaje de prototipos LCZ en Zona piloto



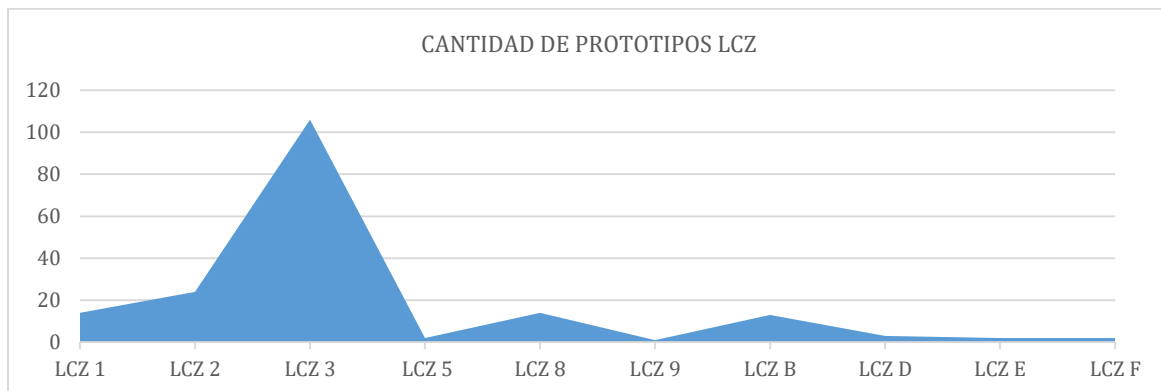
Fuente: CIUQ (2020)

Tabla 8: Matriz resume clasificación LCZ en zonas piloto

RESUMEN (LCZ) EN ZONAS PILOTO																	
Zonas piloto	LCZ (%)																
	LCZ 1	LCZ 2	LCZ 3	LCZ 4	LCZ 5	LCZ 6	LCZ 7	LCZ 8	LCZ 9	LCZ 10	LCZ A	LCZ B	LCZ C	LCZ D	LCZ E	LCZ F	LCZ G
Zona 1 La Delicia		12,13	61,87					10,00							16,00		
Zona 2 Kennedy			86,31					10,40				3,29					
Zona 3 Bicentenario		30,63	69,37														
Zona 4 Portugal	78,39		8,40					13,21									
Zona 5 Iñaquito	73,88	5,60						10,98				9,54					
Zona 6 Miraflores Bajo		31,25	67,29									1,47					
Zona 7 San Blas		16,88	64,61									18,50					
Zona 8 La Floresta	5,53	7,63	85,75					1,09									
Zona 9 R. de Chávez			92,17									3,34		4,48			
Zona 10 Tnte. Hugo Ortiz		15,08	71,77					4,57							8,58		
Zona 11 Mayorista		25,05	64,93					10,02									
Zona 12 Quitumbe		26,99	36,56		23,18						11,99			1,27			
Zona 13 Nueva Aurora		1,89	89,02		2,33				6,76								

Fuente: CIUQ (2020)

El comportamiento de los datos en las 13 zonas de estudio (333,87 Ha.) indica que predomina LCZ 3 con 106 prototipos; LCZ 2 con 24; LCZ 1 con 14; LCZ 8 con 14 y LCZ B con 13; cabe indicar que los cuerpos de agua que corresponden a LCZ G son nulos; sin embargo, son mencionados porque contribuyen en la termorregulación del microclima urbano.

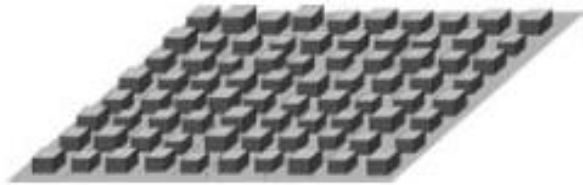
Figura 146: Cantidad de prototipos en las zonas piloto

Fuente: CIUQ (2020)

Como se observa en la matriz resumen de la clasificación LCZ (Ver tabla 8), el prototipo predominante es LCZ 3, seguido de LCZ 1, LCZ 2 y LCZ 8.

Siendo **LCZ 3- Compacto de baja altura**, sus características son: mezcla densa de edificaciones de baja altura (1 a 3 pisos), pocos o ningún árbol, cobertura de superficie pavimentada, materiales de construcción, hormigón, piedra, ladrillo, baldosas.

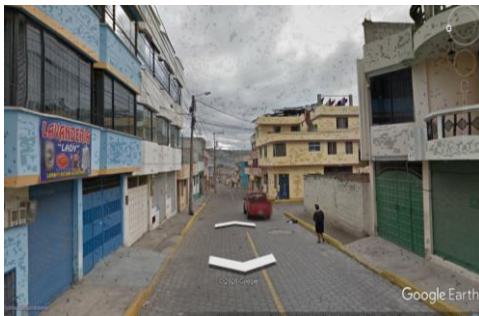
Figura 147: LCZ 3



Fuente: (I. D. Stewart & Oke, 2012)

La zona piloto 10 – Nueva Aurora tiene el 92,56% de presencia, la zona piloto 9 – Rodrigo de Chávez el 92,17%, la zona piloto 2 – Kennedy el 86,31% y la zona piloto 8 – Floresta el 85,75%.

Figura 148: Zona piloto 13 – Nueva Aurora



Fuente: google earth

Figura 149: Zona piloto 9- Rodrigo de Chávez



Fuente: google earth

Figura 150: Zona piloto 2 - Kennedy



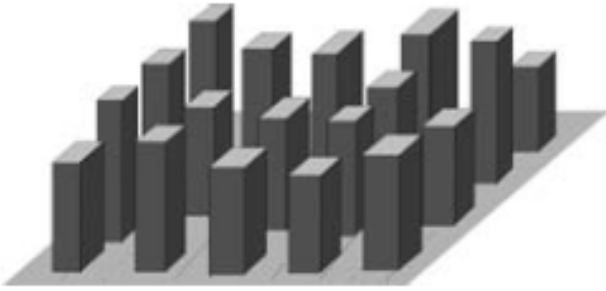
Fuente: google earth

Figura 151: Zona piloto8 - Floresta



Fuente: google earth

LCZ 1 - Compacto de gran altura, pocos o ningún árbol. Cobertura de suelo pavimentada. Materiales de construcción de hormigón, acero, piedra y vidrio.

Figura 152. LCZ 1

Fuente: (I. D. Stewart & Oke, 2012)

Las zonas piloto que tienen mayor presencia de este prototipo son: la zona piloto 4 – Portugal tiene el 78,39% y la zona piloto 5 – Iñaquito el 73,88% y la zona piloto 8 – La Floresta 5,53%.

Figura 153: Zona piloto 4- Portugal

Fuente: google earth

Figura 155: Zona piloto 8 - La Floresta

Fuente: google earth

Figura 154: Zona piloto 5- Iñaquito

Fuente: google earth

LCZ 2- Compacto de mediana altura, sus características son: mezcla densa de edificaciones de baja altura (3 a 9 pisos), pocos o ningún árbol, cobertura de superficie pavimentada, materiales de

construcción, hormigón, piedra, ladrillo, baldosas. En el presente estudio este prototipo tiene mediana presencia.

Figura 156: LCZ 2



Fuente: (I. D. Stewart & Oke, 2012)

Este prototipo se encuentra en la zona piloto 6 – Miraflores con el 31,25%, zona piloto 3 - Bicentenario 30.63%, zona piloto 12 – Quitumbe 26,99% y zona piloto 11 – Mayorista 25,05%.

Figura 157: Zona piloto 6- Miraflores



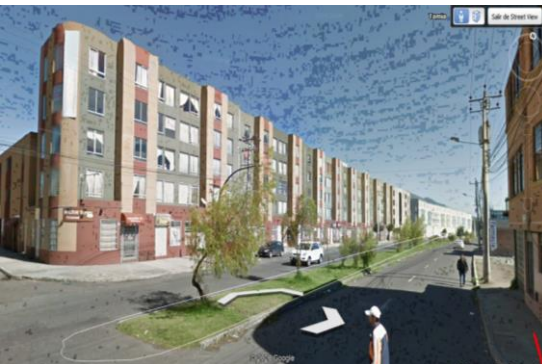
Fuente: google earth

Figura 159: Zona piloto 3- Bicentenario



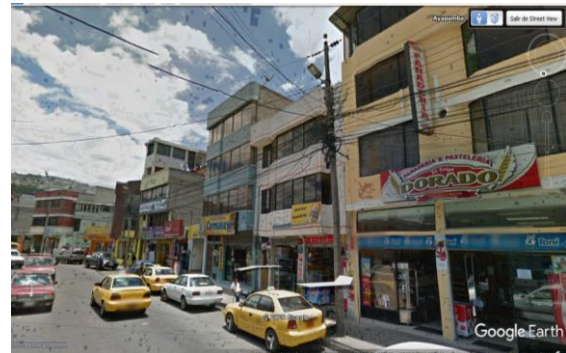
Fuente: google earth

Figura 158: Zona piloto 12 – Quitumbe



Fuente: google earth

Figura 160: Zona piloto 11 – Mayorista



Fuente: google earth

LCZ 8- alargado de baja altura, las características son edificaciones (bodegas) de baja altura (3 a 9 pisos), de gran longitud, presentan materiales de metal, concreto.

Figura 161: LCZ 8

Fuente: (I. D. Stewart & Oke, 2012)

Este prototipo tiene presencia en las zonas piloto 4 – Portugal con el 13,21%, zona piloto 2 – La Kennedy 10,40%, zona piloto 11 – Mayorista 10,02% y zona piloto 2 – La Delicia con 10,00%.

Figura 162: Zona piloto 4- Portugal

Fuente: google earth

Figura 164: Zona piloto 11- Mayorista

Fuente: google earth

Figura 163: Zona piloto 2 – La Kennedy

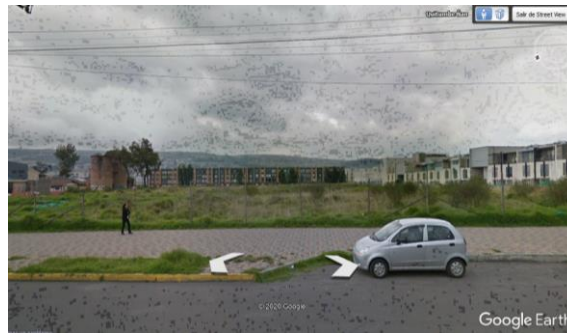
Fuente: google earth

Figura 165: Zona piloto 1 – La Delicia

Fuente: google earth

LCZ A - Arborización densa, sus características, vegetación densa perenne, son áreas naturales como parques protectores, bosques, cultivos de árboles o parques urbanos, poca o nula presencia de construcciones y pavimento. La zona piloto Quitumbe presenta el 11,99%.

Figura 166: Zona piloto 12 - Quitumbe



Fuente: google earth

LCZ B - Arborización dispersa, ligeramente con árboles perennes, cubierto de vegetación baja, áreas naturales como parques protectores, bosques, cultivos de árboles o parques urbanos, poca o nula presencia de construcciones y pavimento. La zona piloto San Blas tiene el 18,50% y la zona piloto Iñaquito el 9,54%.

Figura 167: zona piloto7 – San Blas



Fuente: google earth

Figura 168: Zona piloto 5 - Iñaquito



Fuente: google earth

LCZ E- Piedra o pavimento, la superficie está cubierta de pavimento, tiene pocos o ningún árbol, poca o nula vegetación baja, no existe no tiene edificaciones. Este prototipo se encuentra en la zona piloto La Delicia con el 16%.

Figura 169: Zona piloto La Delicia

Fuente: google earth

7.4.1.2. Sky view factor (SVF) y aspect ratio en el cañón urbano

El cañón urbano es un elemento que influye en la conformación de la isla de calor urbano (ICU) porque atrapa calor. Sky view factor es un parámetro del cañón urbano que tiene valores entre 0 a 1 en donde 0 cerrado y 1 abierto; siendo la tendencia a 0 el que más atrapa calor y 1 el que libera el calor con mayor rapidez; sin embargo, existen factores climáticos como el viento que aporta a la liberación del calor, en este estudio se ha tomado como referente la dirección predominante del viento que es de este a oeste para conocer cuál de las zonas piloto tiene mayor ventilación y por ende mayor liberación de calor.

En cada zona piloto se realiza en 3D QGIS la geometría urbana y en ella se identifica los vientos predominantes con ello podemos observar que algunos cañones urbanos tienen buena ventilación si su orientación es hacia el este. Las zonas piloto con SVF cerrado en las calles son La Delicia, Kennedy; sin embargo, las vías tienen una orientación Noreste por lo tanto existe ventilación pero la liberación del calor es baja por tener un SVF cerrado; Bicentenario e Iñaquito tienen SVF cerrado y la orientación de sus vías son norte-sur por lo cual los vientos predominantes que vienen del este chocan con las edificaciones y no ingresan a los cañones urbanos por lo cual la liberación del calor es baja; San Blas y Quitumbe; las vías tienen dirección sureste y SVF cerrado los cuales tienen ventilación ligeramente moderada.

SVF abierto tienen las zonas piloto Portugal debido a que el ancho de vía predominante es más amplio y la dirección de las vías son hacia el norte; Miraflores, La Floresta, Tnt. Hugo Ortiz, Mayorista y Nueva Aurora tienen un SVF abierto y a esto se suma la dirección este-oeste; R. de Chavez es parte del grupo de zonas piloto con SVF abierto pero la dirección de las vías es sureste lo cual disminuye la liberación del calor.

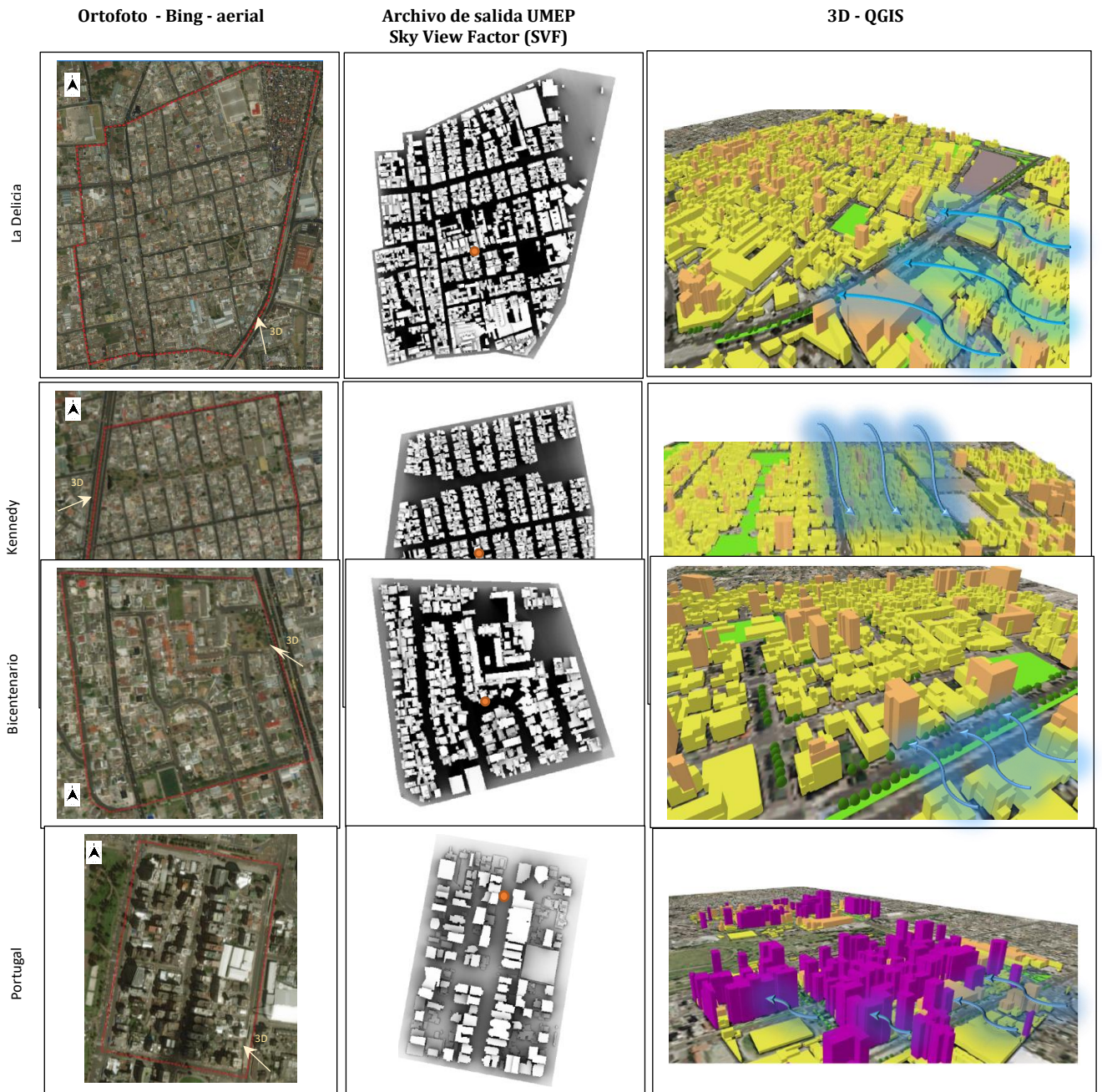
Aspect ratio (H/W) es otro parámetro del cañón urbano que identifica la proporción de la geometría urbana. La relación entre la altura de las edificaciones y el ancho de vía indica que >1 es abierto y <1 es cerrado. Este parámetro nos aproxima a conocer la densidad de construcción y las características

que trae consigo como es mayores cantidades de cubierta impermeable, materiales con mayor admitancia térmica y mayor densidad de flujo de calor antropogénico. Para este análisis se identificó el SFV más cerrado en cada zona piloto y en ese punto se calcula aspect ratio. Los puntos son marcados en color naranja.

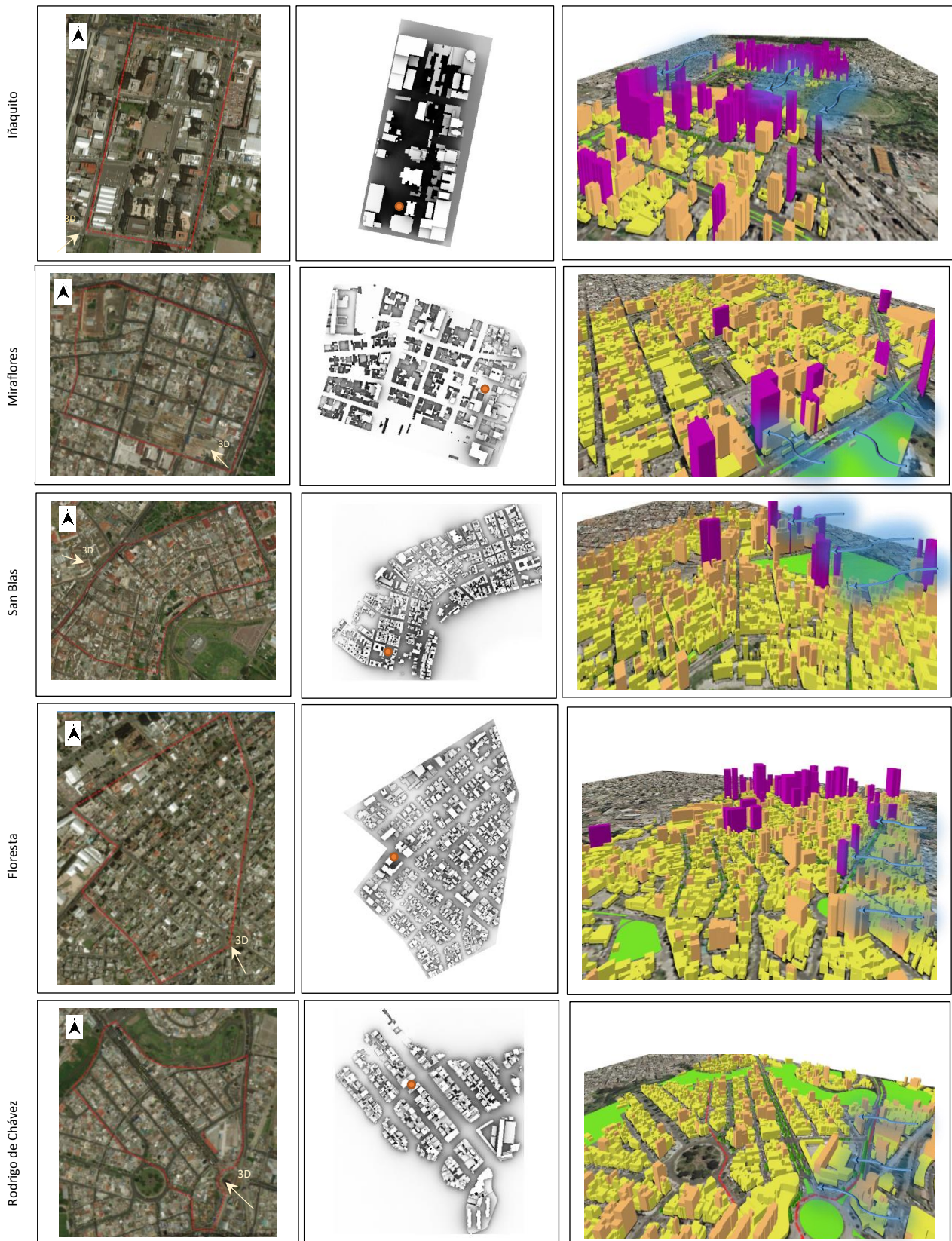
Tabla 9: Matriz resumen de parámetros de Cañón urbano

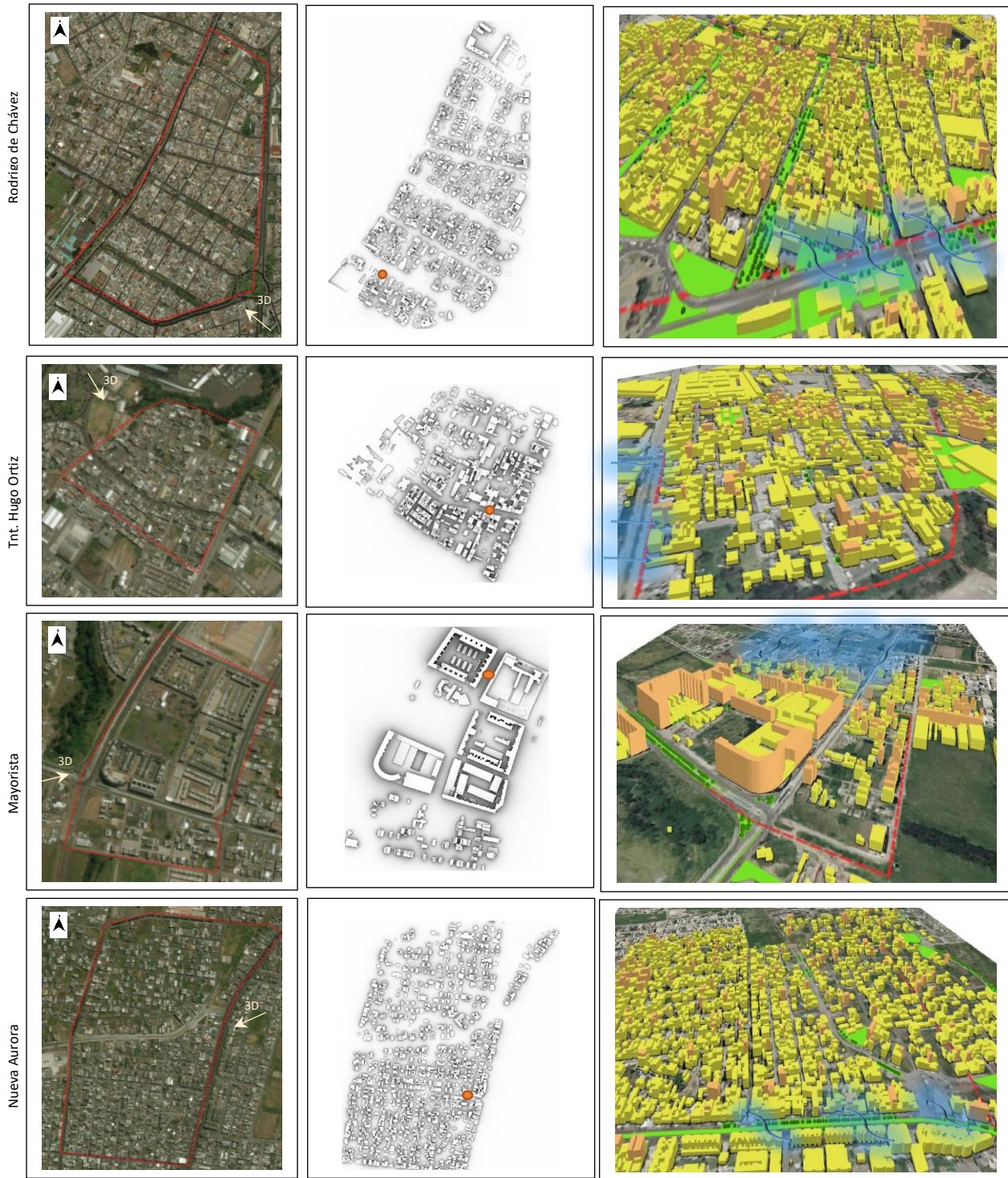
Cañón urbano		
Zonas piloto	Sky view factor(SVF)	Aspect ratio (W/H)
Zona 1 La Delicia	0,01 - 0,69	0,75
Zona 2 Kennedy	0,02 - 0,33	0,42
Zona 3 Bicentenario	0,05 - 0,43	0,56
Zona 4 Portugal	0,28 - 0,99	1,25
Zona 5 Iñaquito	0,02 - 0,4	3,00
Zona 6 Miraflores Bajo	0,53 - 0,99	1,87
Zona 7 San Blas	0,23 - 0,83	0,54
Zona 8 La Floresta	0,39 - 0,80	3,56
Zona 9 R. de Chávez	0,33 - 0,95	1,66
Zona 10 Tnte. Hugo Ortiz	0,55 - 0,96	1,21
Zona 11 Mayorista	0,55 - 0,97	0,66
Zona 12 Quitumbe	0,48 - 0,85	3,00
Zona 13 Nueva Aurora	0,58 - 0,99	1,07

Fuente: CIUQ (2020)



En cada ortofoto se encuentra delimitada el área de estudio; en el ráster de SVF se encuentra marcado en color naranja el SVF más cerrado en el cual se realiza el cálculo de aspect ratio.





Simbología



7.4.2. Eje 2 – Cobertura de superficie

En los resultados obtenidos, la cobertura de superficie impermeable con presencia muy alta tiene la zona 7 – San Blas con el 99,93%, la zona 6 - Miraflores Bajo con 99,66%; sin embargo, el porcentaje es alto en las 13 zonas piloto. Con respecto a la cobertura de superficie permeable (parques, parterre, arboles) la presencia muy alta tiene la zona 10 – Tnte. Hugo Ortiz y la zona 13 Nueva Aurora.

La cobertura de superficie de construcción (no incluye aceras y vías) con presencia muy alta tiene la zona 4 – Portugal y la zona 7 – San Blas. Esta información será correlacionada con la Temperatura de la superficie en el ítem correlaciones.

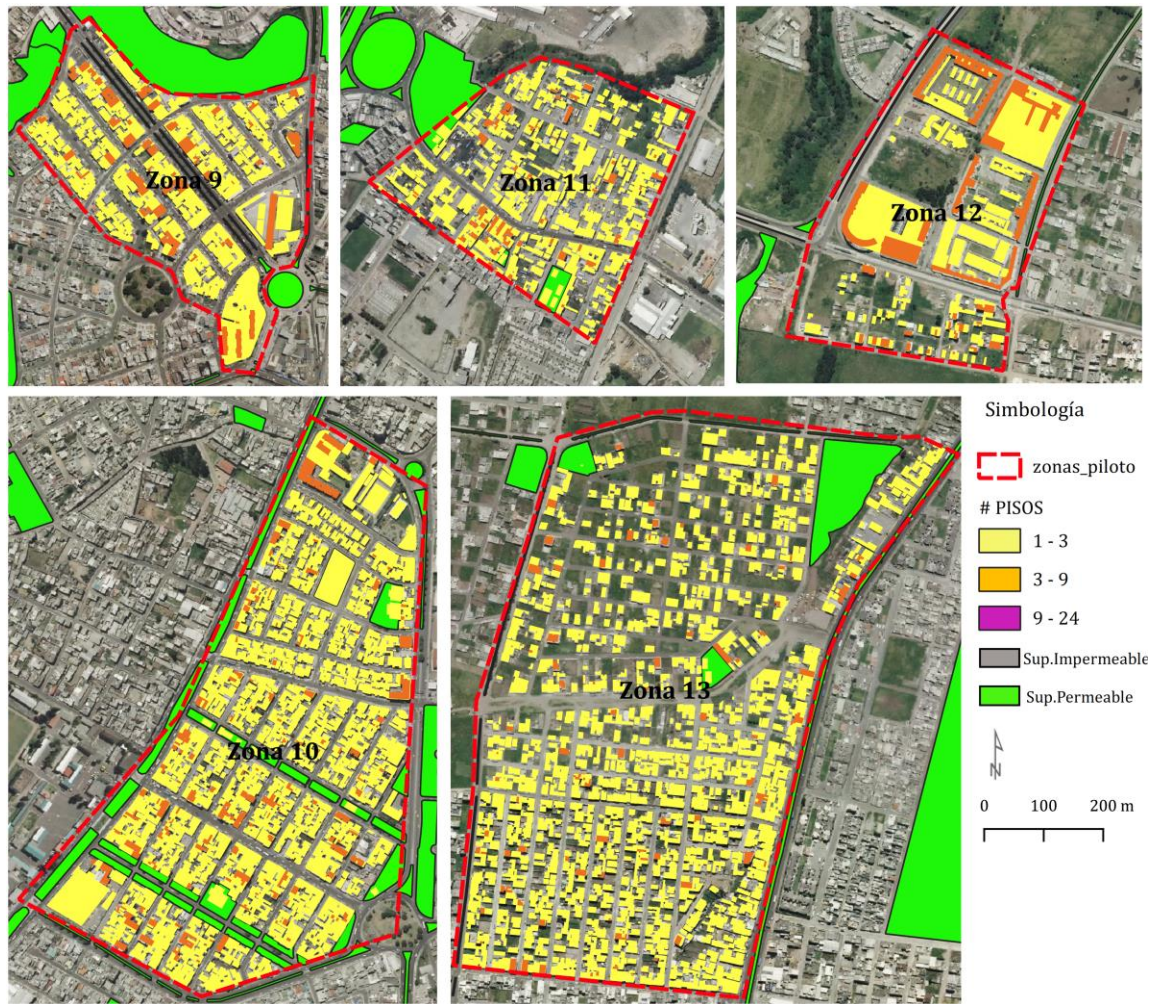
Figura 170: Matriz resumen de cobertura de superficie

RESUMEN COBERTURA DE SUPERFICIE (%)			
Zonas piloto	Cobertura de superficie impermeable (%)	Cobertura de superficie permeable (%)	Cobertura de superficie de construcción (edificaciones) (%)
Zona 1 La Delicia	96,54	3,46	42,55
Zona 2 Kennedy	90,66	9,34	38,25
Zona 3 Bicentenario	89,90	10,10	38,58
Zona 4 Portugal	90,52	9,48	66,10
Zona 5 Iñaquito	93,11	6,89	25,05
Zona 6 Miraflores Bajo	98,62	1,38	45,04
Zona 7 San Blas	95,38	4,62	47,08
Zona 8 La Floresta	95,25	4,75	44,40
Zona 9 R. de Chávez	96,72	3,28	42,61
Zona 10 Tnte. Hugo Ortiz	86,92	13,08	44,64
Zona 11 Mayorista	92,17	7,83	38,49
Zona 12 Quitumbe	70,30	29,70	32,29
Zona 13 Nueva Aurora	83,03	16,92	30,61

Fuente: CIUQ (2020)

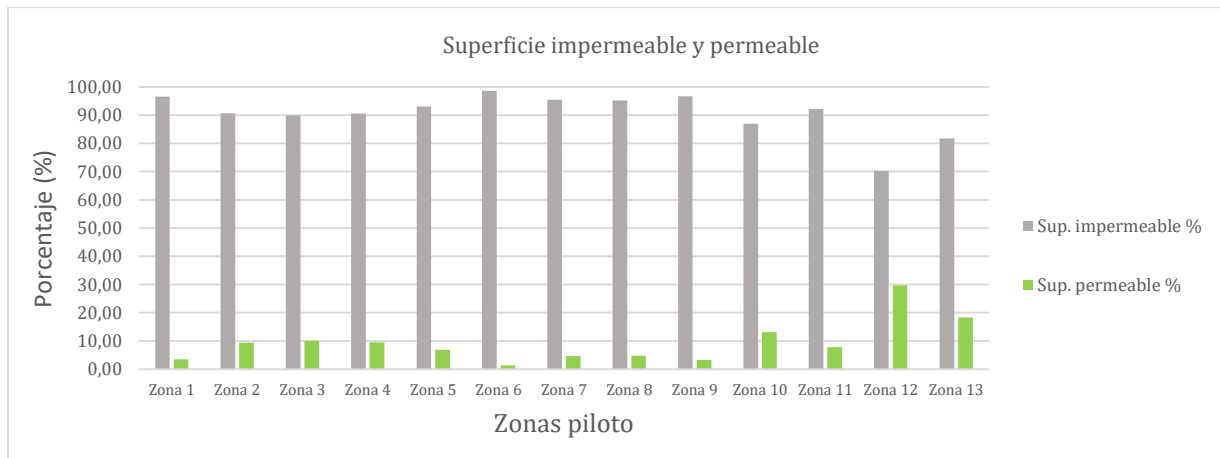
Fracción de cobertura superficie impermeable y permeable





Las áreas de parques, parterre y árboles son cuantificadas para obtener áreas permeables.

Figura 171: Porcentaje de superficie impermeable y permeable



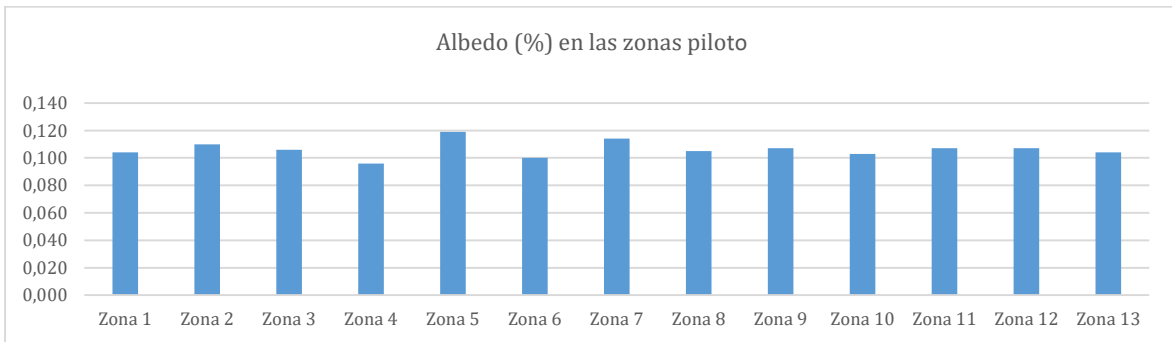
Fuente: CIUQ (2020)

7.4.3. Eje 3 - Propiedades termales Parámetro - Albedo (reflectancia)



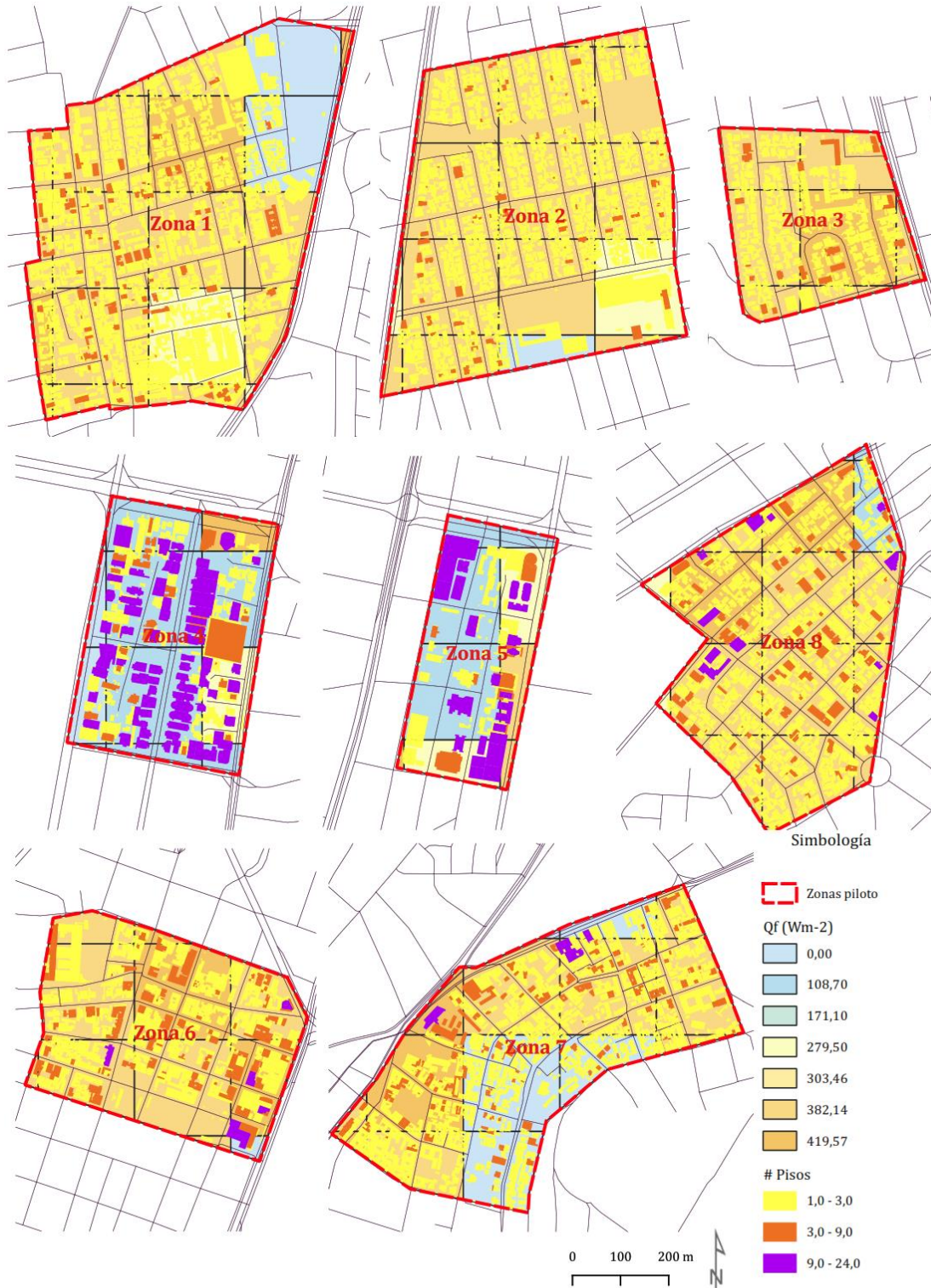


Figura 172: Albedo (%) en las zonas piloto



Fuente: CIUQ (2020)

Parámetro - Qf (Calor antropogénico - W/m²)



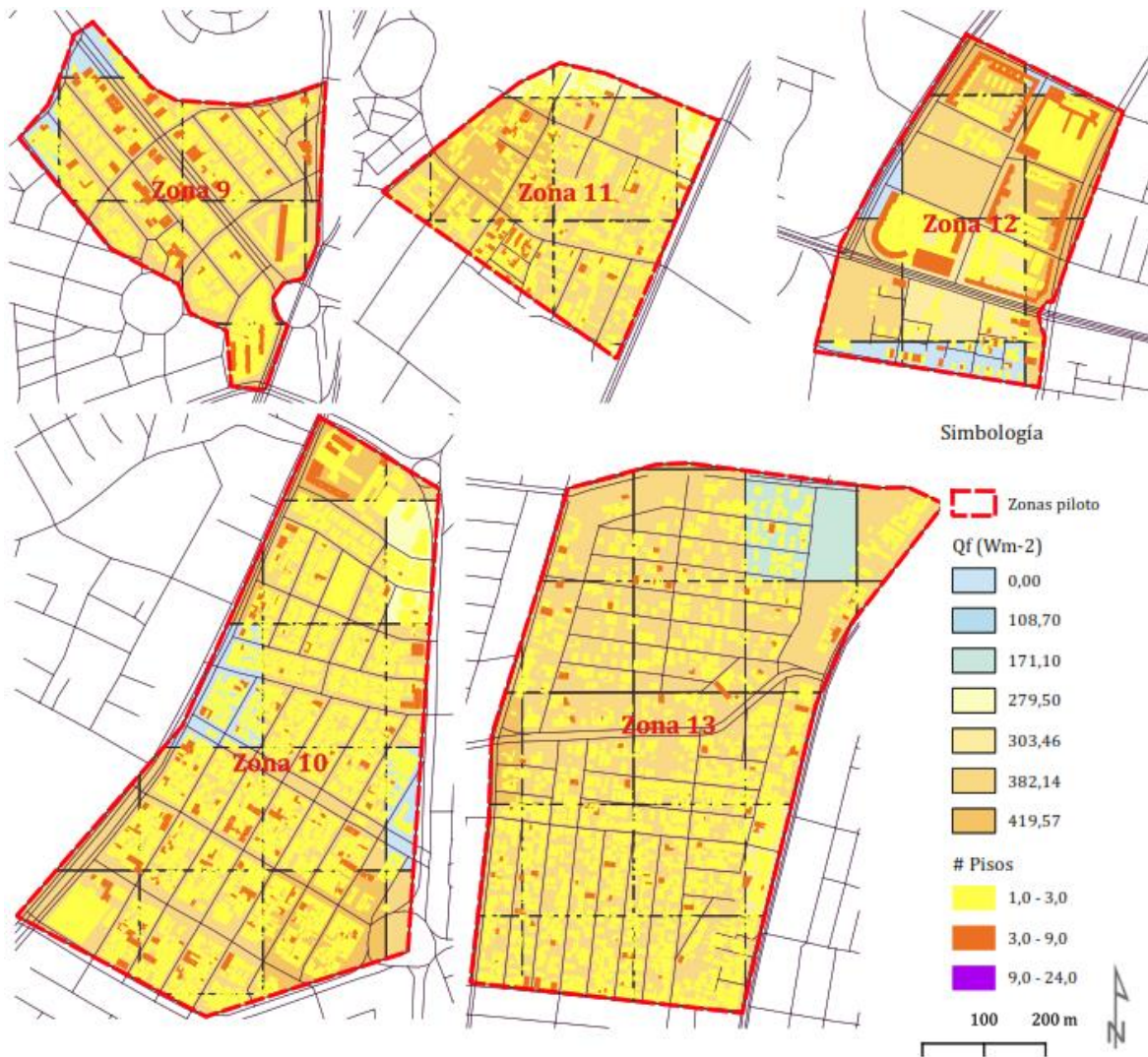
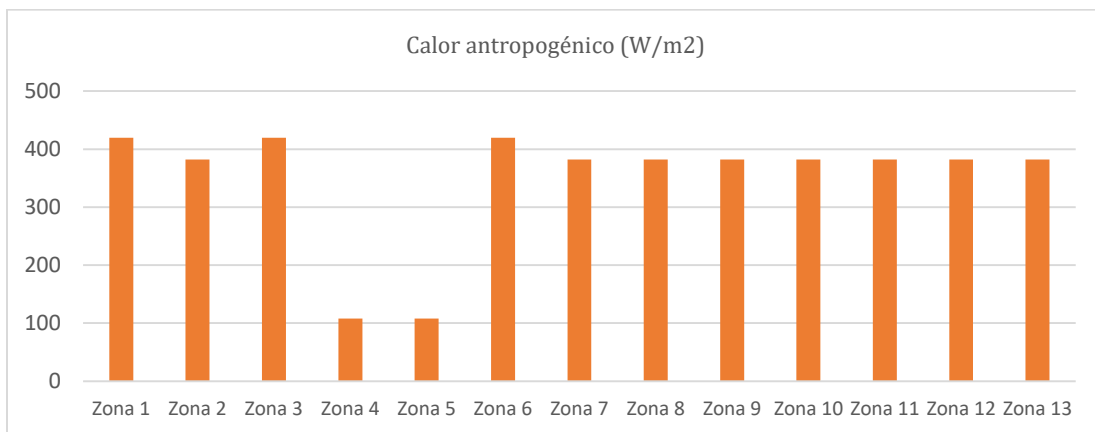
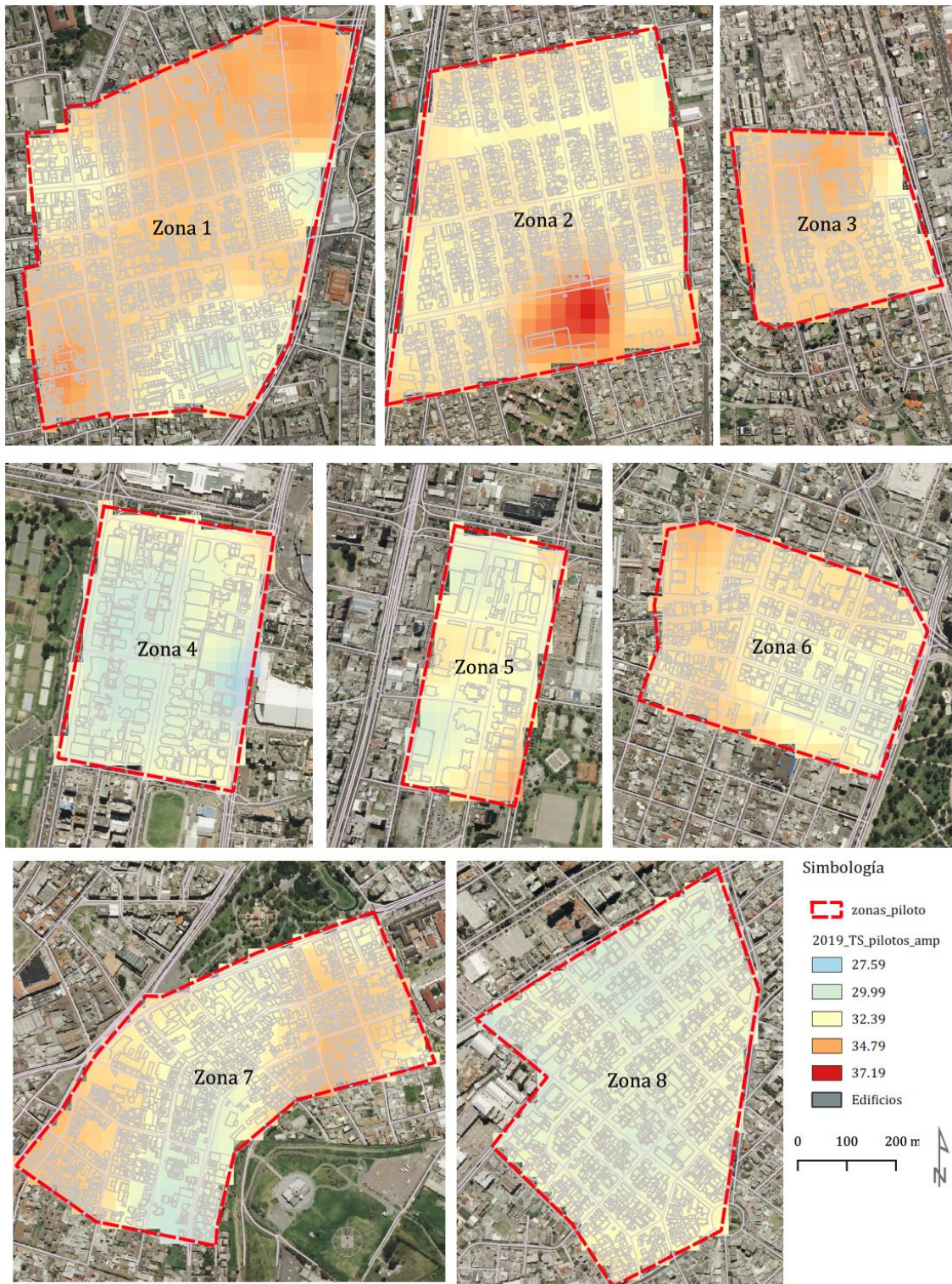


Figura 173: Calor antropogénico (Qf) en zonas piloto



Fuente: CIUQ (2020)

Parámetro – Temperatura de superficie C°



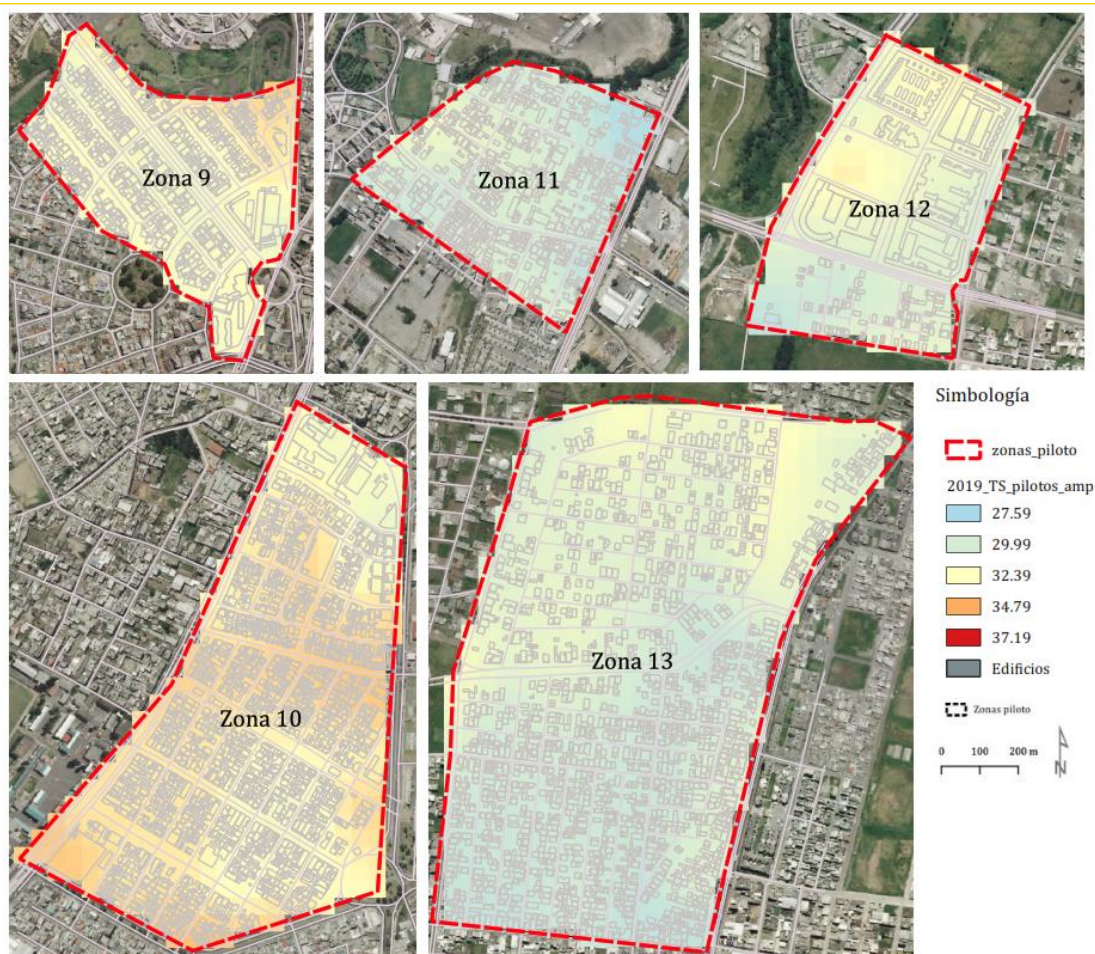
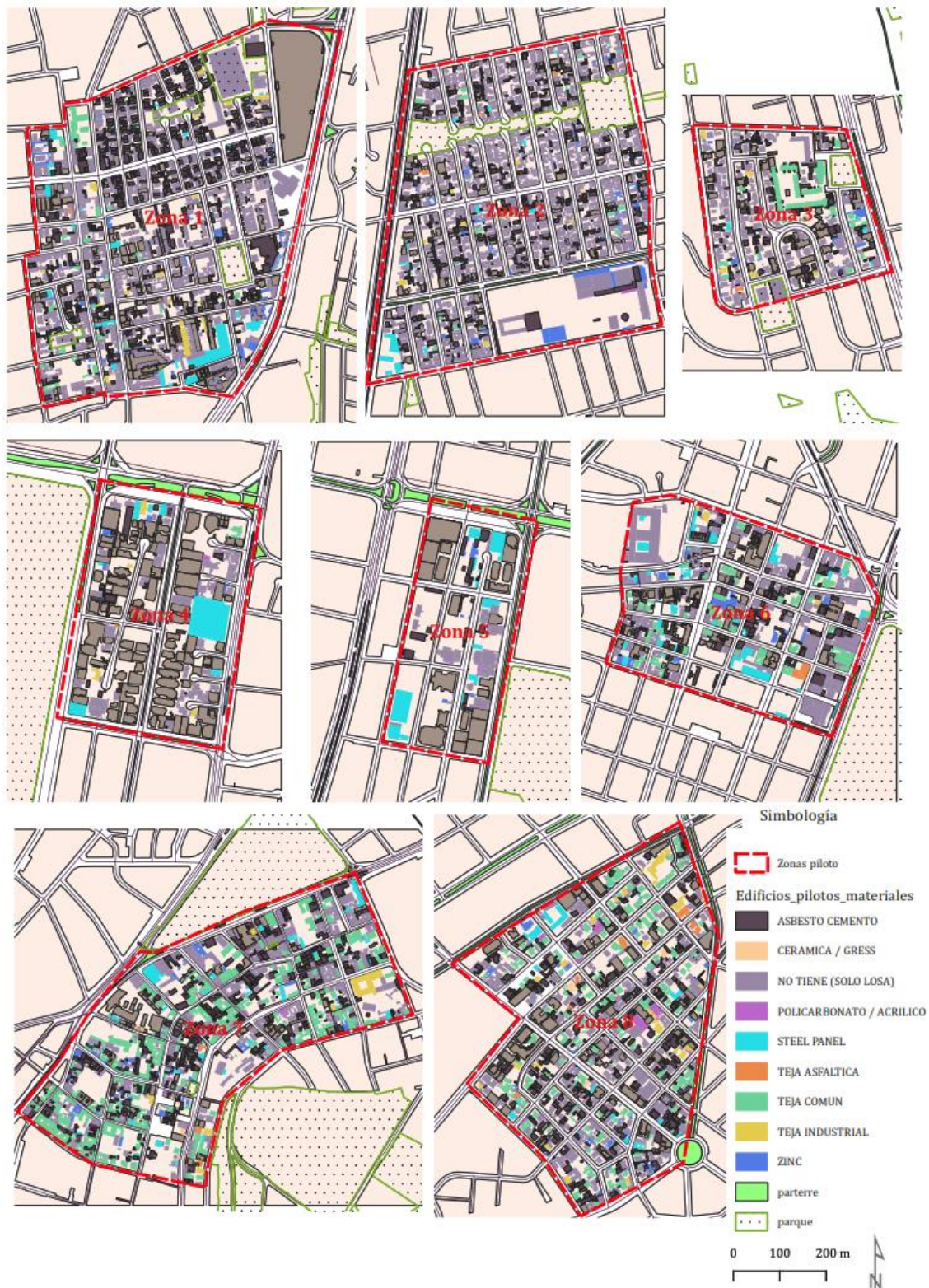


Tabla 10: Matriz resumen de propiedades termales

Zonas piloto	Albedo (%) máx.	Calor antropogénico (W/m2) máx.	Temperatura de superficie C° max.
Zona 1	0,104	419,57	35,29
Zona 2	0,11	382,14	37,19
Zona 3	0,106	419,57	34,79
Zona 4	0,096	108,07	33,39
Zona 5	0,119	108,07	34,24
Zona 6	0,1	419,57	34,47
Zona 7	0,114	382,14	34,55
Zona 8	0,105	382,14	33,15
Zona 9	0,107	382,14	33,93
Zona 10	0,103	382,14	34,48
Zona 11	0,107	382,14	31,58
Zona 12	0,107	382,14	32,78
Zona 13	0,104	382,14	32,03

Fuente: CIUQ (2020)

Parámetros - Materiales de construcción





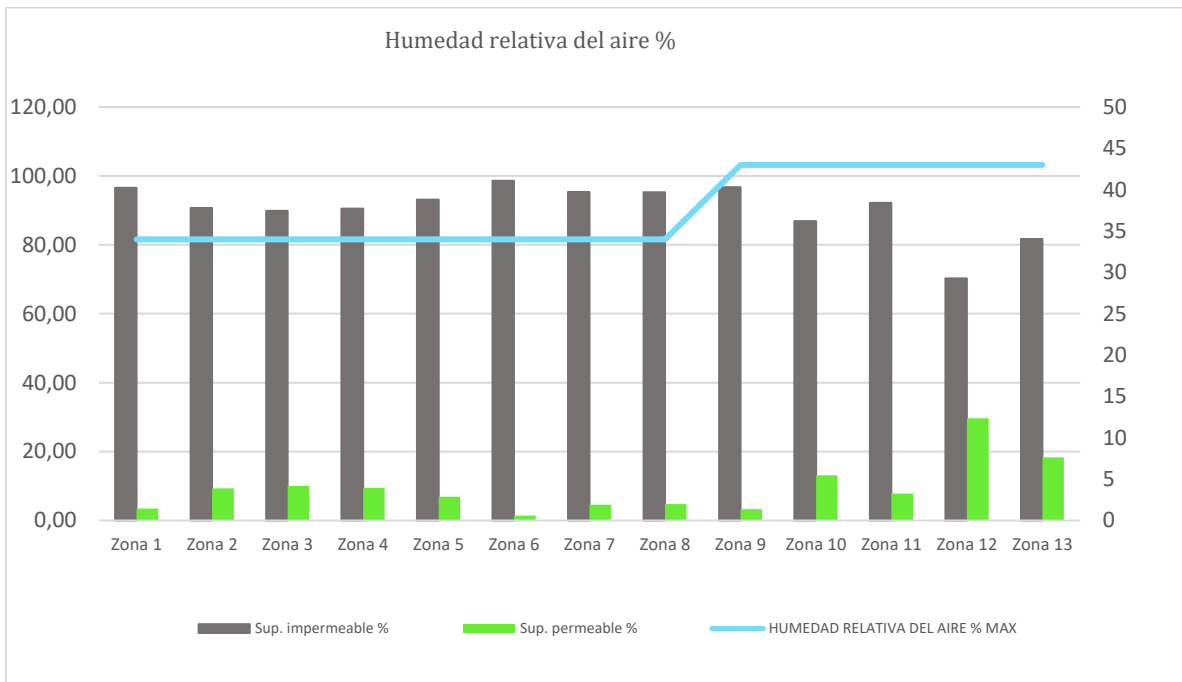
Parámetro - clima urbano -vientos (s/m), humedad relativa %, precipitación mm

Tabla 11: Factores de clima urbano

		RESUMEN DE COBERTURA DE SUPERFICIE Y CLIMA					
Zonas piloto		Sup. Imperm. %	Sup. permeable %	Humedad relativa del aire % MAX.	Temperatura aire C° INST	Viento velocidad m/s INST	Viento dirección INST. C°
La Delicia	Zona 1	96,54	3,46	34	20,7	1,4	173
Kennedy	Zona 2	90,66	9,34	34	20,7	1,4	173
Bicentenario	Zona 3	89,90	10,10	34	20,7	1,4	173
Portugal	Zona 4	90,52	9,48	34	20,2	96	2,3
Iñaquito	Zona 5	93,11	6,89	34	20,2	96	2,3
Miraflores Bajo	Zona 6	98,62	1,38	34	20,2	96	2,3
San Blas	Zona 7	95,38	4,62	34	20,2	96	2,3
La Floresta	Zona 8	95,25	4,75	34	20,2	96	2,3
R. de Chávez	Zona 9	96,72	3,28	43	19,5	184	3,6
Tnte. Hugo Ortiz	Zona 10	86,92	13,08	43	19,5	184	3,6
Mayorista	Zona 11	92,17	7,83	43	19,5	184	3,6
Quitumbe	Zona 12	70,30	29,70	43	19,5	184	3,6
Nueva Aurora	Zona 13	81,67	18,33	43	19,5	184	3,6

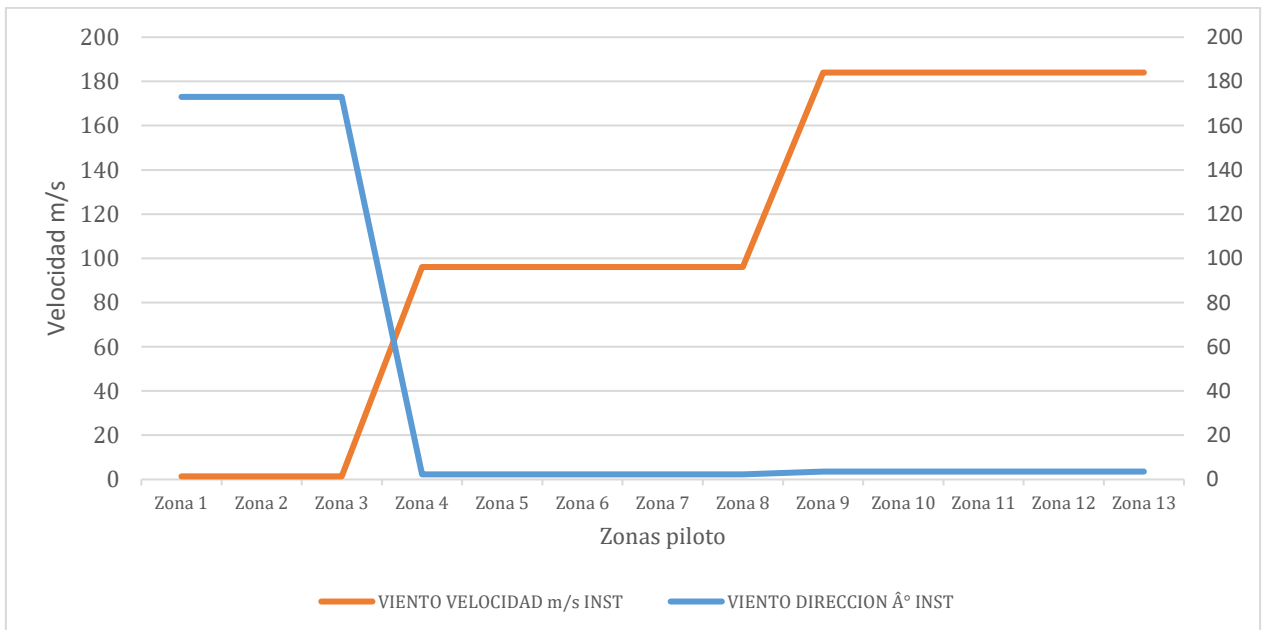
Fuente: INAMHI

Figura 174: Factores climáticos, humedad en las zonas piloto



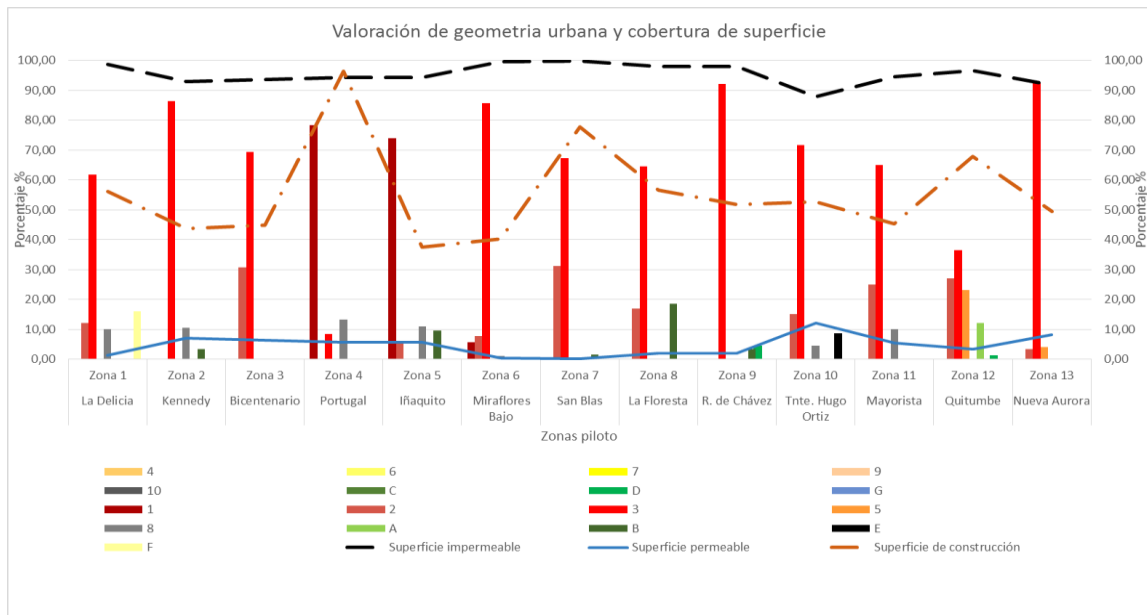
Fuente: CIUQ (2020)

Figura 175: Factores climáticos. Velocidad del viento m/s; dirección del viento



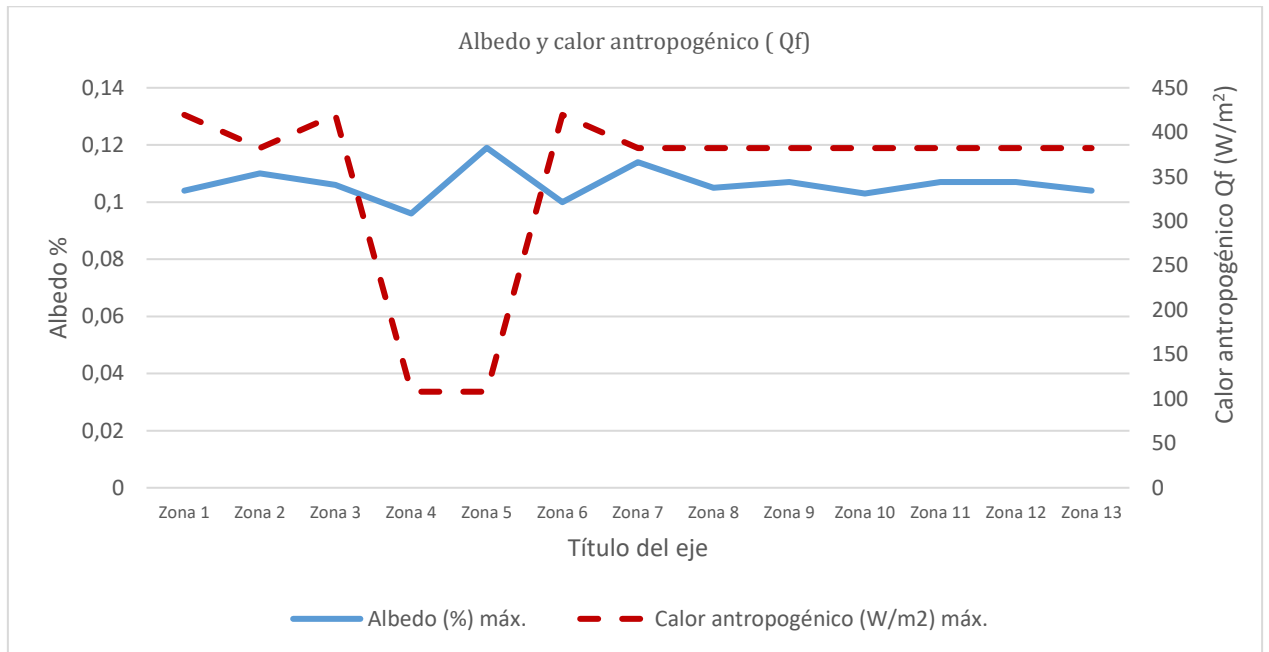
Fuente: CIUQ (2020)

Figura 176: Resumen de propiedades de geometría urbana y cobertura de superficie



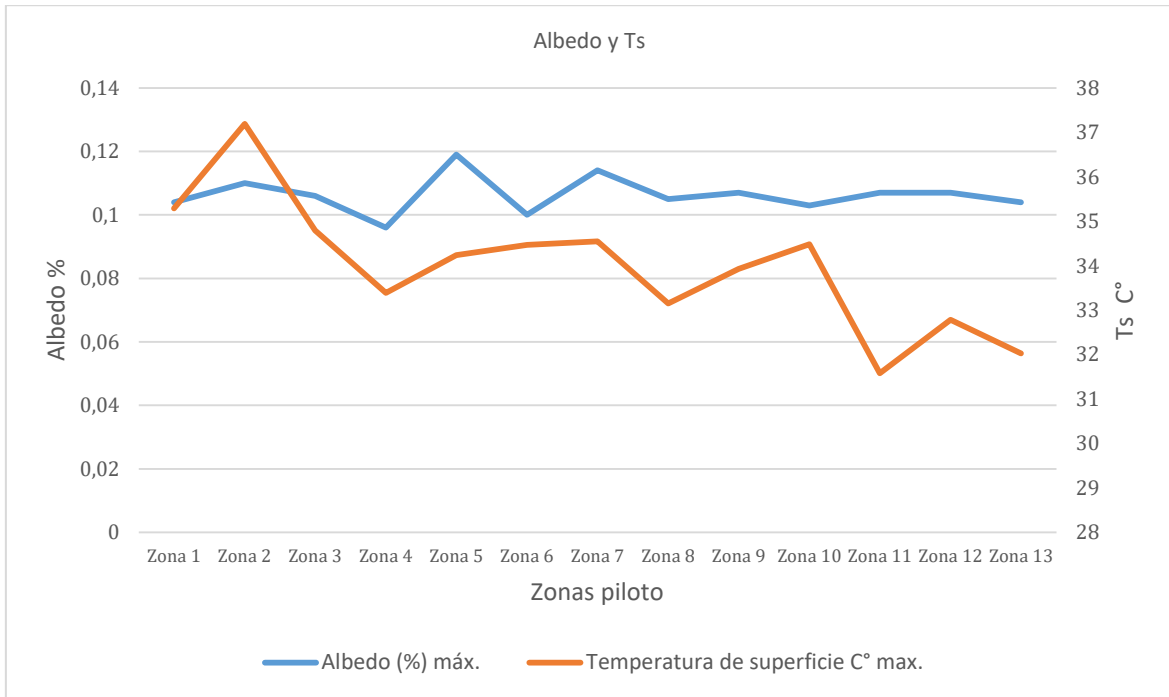
Fuente: CIUQ (2020)

Figura 177: propiedades termales, albedo y Qf



Fuente: CIUQ (2020)

Figura 178: propiedades termales Albedo y Ts



Fuente: CIUQ

7.5. Comparaciones

En los tres ejes de investigación se logró realizar la valoración de las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades termales; sin embargo, es importante conocer la relación que existe entre los parámetros de Ts y cobertura permeable e impermeable, es por ello que se realiza la comparación de dichos parámetros con la finalidad de conocer cuánto disminuye la Ts en las zonas permeables (parques y suelo descubierto) y cuanto se incrementa la Ts en las zonas impermeables (asfalto y concreto). En cada zona piloto se realiza la comparación en donde se evidencia que las áreas permeables con vegetación conservada y arborización poco densa disminuyen de las áreas impermeables entre 1,64 a 2,76 C° siendo estos datos de las zonas piloto Delicia, Bicentenario, Portugal, Ñaquito, San Blas, Tnt. Hugo Ortiz, Mayorista y Quitumbe; las áreas permeables con vegetación conservada y arborización medianamente densa disminuyen de las áreas impermeables entre 4,86 a 4,89 C°; las áreas permeables con vegetación seca y suelo descubierto tienen Ts igual o incluso mayor que las zonas impermeables (asfalto y concreto) como es el caso de las zonas piloto Delicia y San Blas 0,26 a 1 C°.

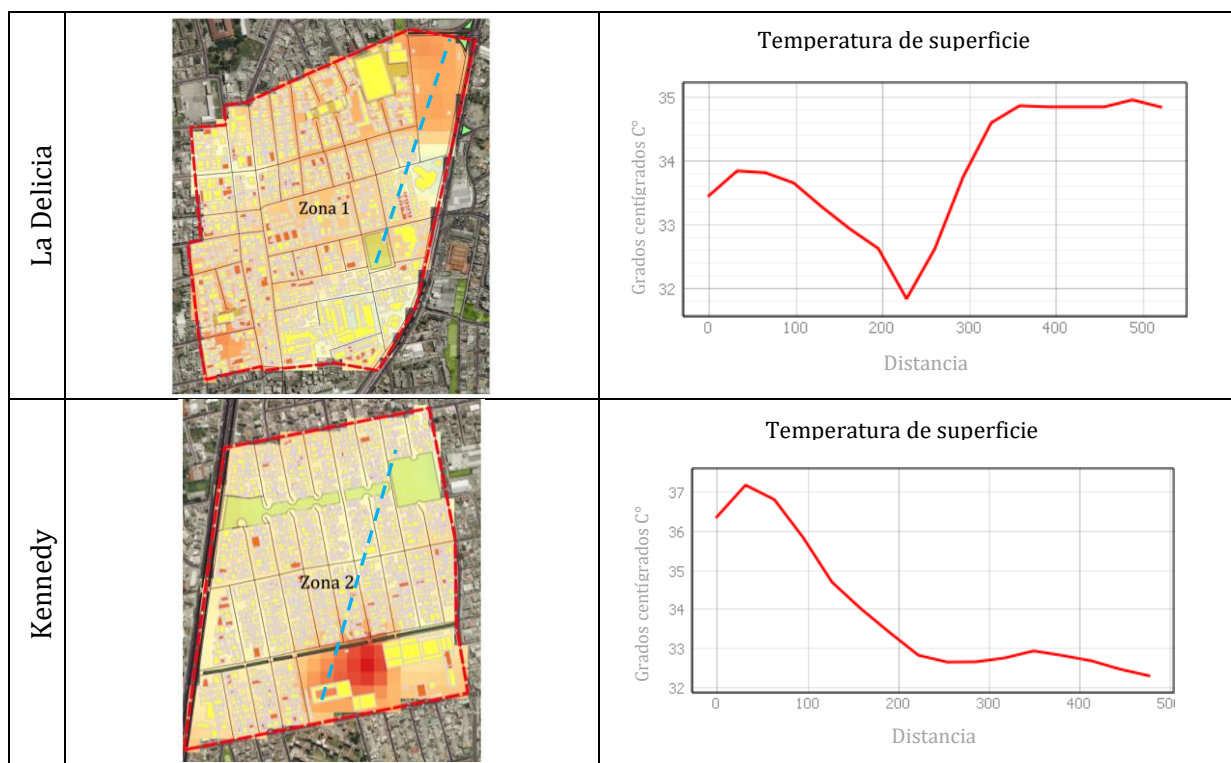
Tabla 12: Matriz de comparación de Ts entre áreas permeables e impermeables

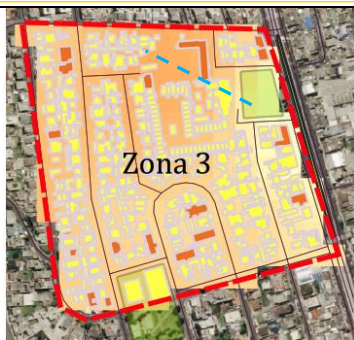
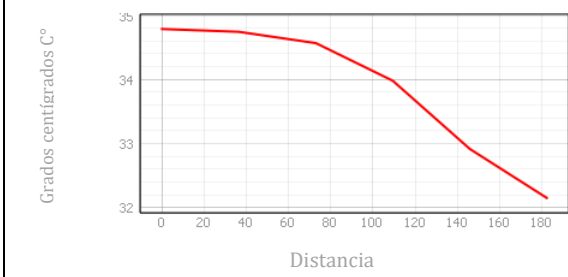

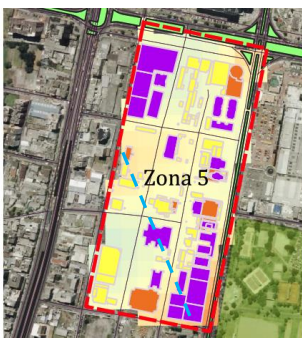
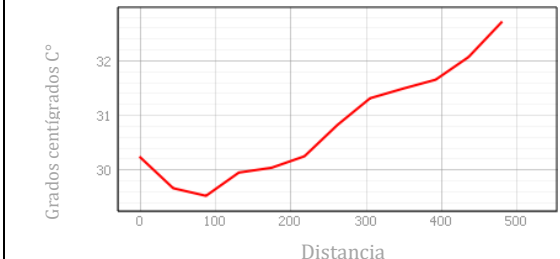
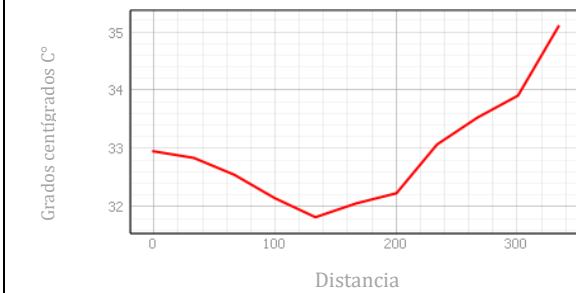
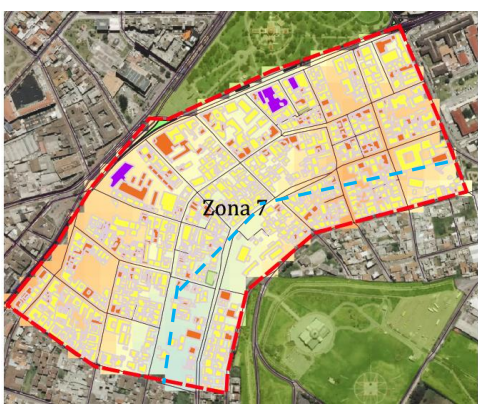
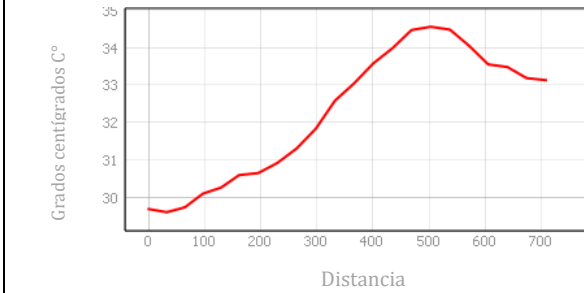
Temperatura de superficie				
Zonas piloto	Ts (C°) Áreas impermeables (asfalto y concreto)	Ts (C°) Áreas permeables (Vegetación baja conservada y arborización)	Diferencia C°	Ts (C°) Áreas permeables (Vegetación baja seca y suelo descubierto)
Zona 1 La Delicia	34,85	32,38	2,47	35,06
Zona 2 Kennedy	37,18	32,29	4,89	34,84
Zona 3 Bicentenario	34,78	32,15	2,63	34,74
Zona 4 Portugal	33,24	30,48	2,76	No existe
Zona 5 Iñaquito	35,09	32,82	2,27	No existe
Zona 6 Miraflores Bajo	34,47	No existe		
Zona 7 San Blas	32,73	30,79	1,94	33,73
Zona 8 La Floresta	34,55	29,69	4,86	No existe
Zona 9 R. de Chávez	33,88	No existe		
Zona 10 Tnte. Hugo Ortiz	34,03	32,14	1,89	33,42
Zona 11 Mayorista	31,04	28,43	2,61	30,19
Zona 12 Quitumbe	31,41	29,77	1,64	32,78
Zona 13 Nueva Aurora	31,97	No existe		31,00

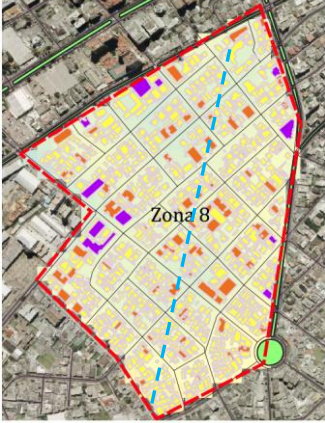
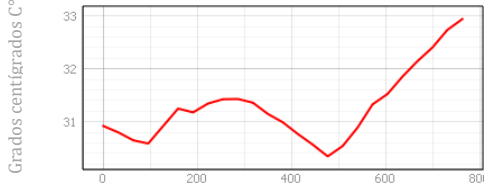

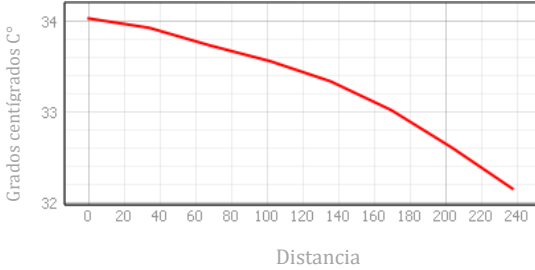
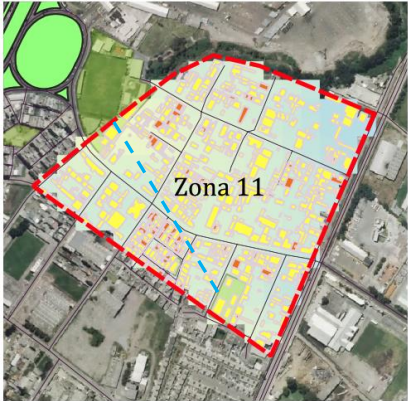
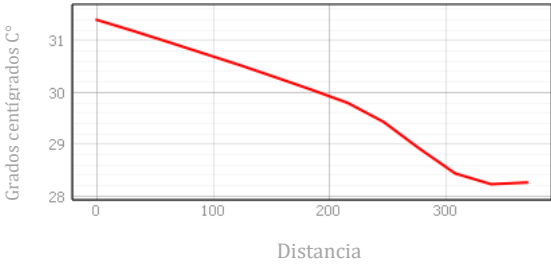
Fuente: CIUQ (2020)

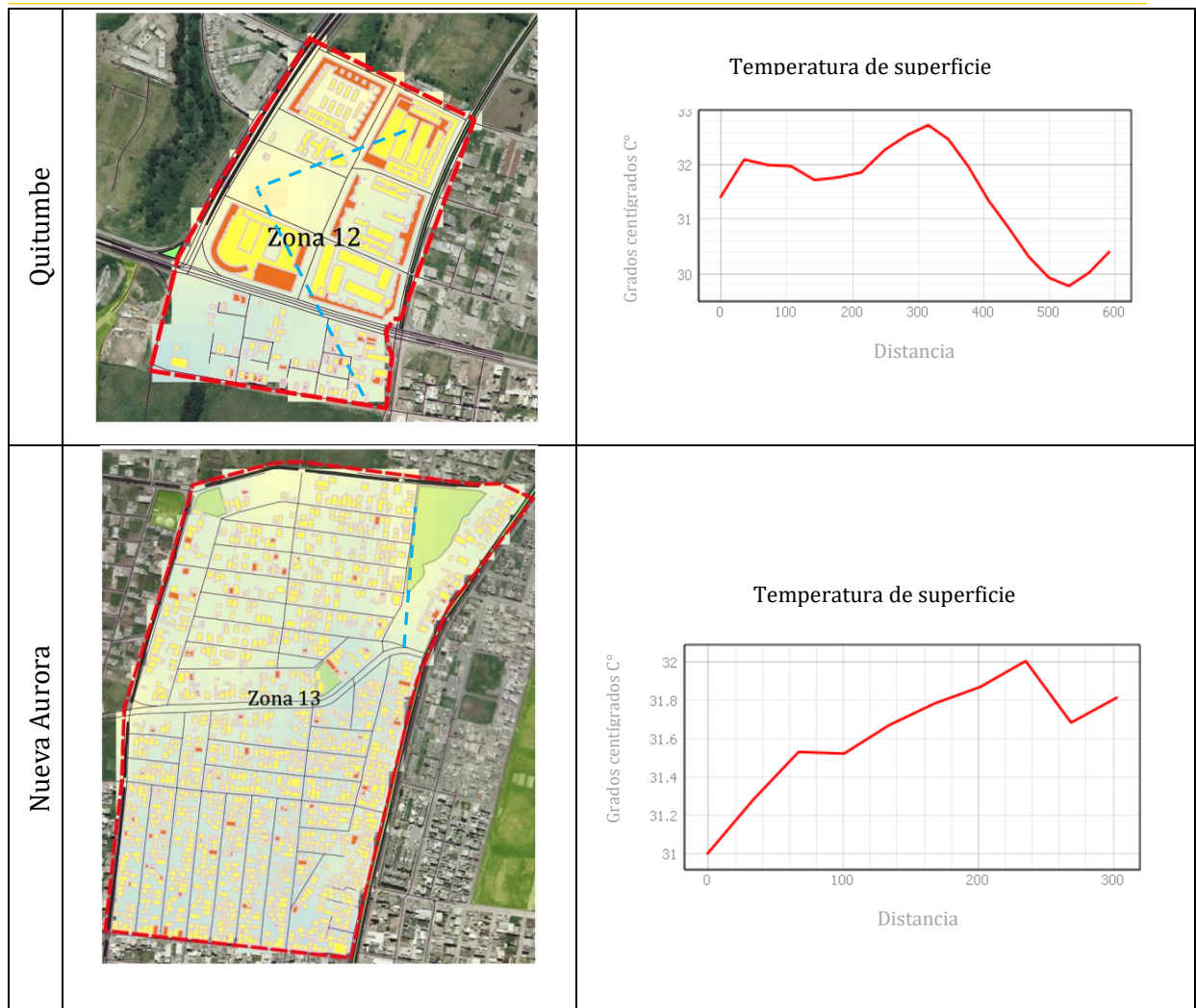
Mapa de Temperatura de superficie

Gráfico del comportamiento de Ts



<p>Bicentenario</p>		<p>Temperatura de superficie</p>  <table border="1"> <caption>Data for Zona 3 Surface Temperature</caption> <thead> <tr> <th>Distancia (m)</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>34.8</td></tr> <tr><td>20</td><td>34.7</td></tr> <tr><td>40</td><td>34.6</td></tr> <tr><td>60</td><td>34.5</td></tr> <tr><td>80</td><td>34.3</td></tr> <tr><td>100</td><td>34.0</td></tr> <tr><td>120</td><td>33.5</td></tr> <tr><td>140</td><td>33.0</td></tr> <tr><td>160</td><td>32.5</td></tr> <tr><td>180</td><td>32.2</td></tr> </tbody> </table>	Distancia (m)	Temperatura (°C)	0	34.8	20	34.7	40	34.6	60	34.5	80	34.3	100	34.0	120	33.5	140	33.0	160	32.5	180	32.2																				
Distancia (m)	Temperatura (°C)																																											
0	34.8																																											
20	34.7																																											
40	34.6																																											
60	34.5																																											
80	34.3																																											
100	34.0																																											
120	33.5																																											
140	33.0																																											
160	32.5																																											
180	32.2																																											
<p>Portugal</p>	 	<p>Temperatura de superficie</p>  <table border="1"> <caption>Data for Zona 4 Surface Temperature</caption> <thead> <tr> <th>Distancia (m)</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>30.2</td></tr> <tr><td>50</td><td>29.8</td></tr> <tr><td>100</td><td>29.8</td></tr> <tr><td>150</td><td>30.0</td></tr> <tr><td>200</td><td>30.2</td></tr> <tr><td>250</td><td>30.5</td></tr> <tr><td>300</td><td>31.2</td></tr> <tr><td>350</td><td>31.5</td></tr> <tr><td>400</td><td>31.8</td></tr> <tr><td>450</td><td>32.2</td></tr> <tr><td>500</td><td>32.5</td></tr> </tbody> </table> <p>Temperatura de superficie</p>  <table border="1"> <caption>Data for Zona 5 Surface Temperature</caption> <thead> <tr> <th>Distancia (m)</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>33.0</td></tr> <tr><td>50</td><td>32.8</td></tr> <tr><td>100</td><td>32.2</td></tr> <tr><td>150</td><td>31.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>32.2</td></tr> <tr><td>250</td><td>33.0</td></tr> <tr><td>300</td><td>33.5</td></tr> <tr><td>350</td><td>35.0</td></tr> </tbody> </table>	Distancia (m)	Temperatura (°C)	0	30.2	50	29.8	100	29.8	150	30.0	200	30.2	250	30.5	300	31.2	350	31.5	400	31.8	450	32.2	500	32.5	Distancia (m)	Temperatura (°C)	0	33.0	50	32.8	100	32.2	150	31.8	200	32.2	250	33.0	300	33.5	350	35.0
Distancia (m)	Temperatura (°C)																																											
0	30.2																																											
50	29.8																																											
100	29.8																																											
150	30.0																																											
200	30.2																																											
250	30.5																																											
300	31.2																																											
350	31.5																																											
400	31.8																																											
450	32.2																																											
500	32.5																																											
Distancia (m)	Temperatura (°C)																																											
0	33.0																																											
50	32.8																																											
100	32.2																																											
150	31.8																																											
200	32.2																																											
250	33.0																																											
300	33.5																																											
350	35.0																																											
<p>San Blas</p>		<p>Temperatura de superficie</p>  <table border="1"> <caption>Data for Zona 7 Surface Temperature</caption> <thead> <tr> <th>Distancia (m)</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>29.8</td></tr> <tr><td>50</td><td>30.0</td></tr> <tr><td>100</td><td>30.2</td></tr> <tr><td>150</td><td>30.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>31.5</td></tr> <tr><td>250</td><td>32.5</td></tr> <tr><td>300</td><td>33.5</td></tr> <tr><td>350</td><td>34.2</td></tr> <tr><td>400</td><td>34.5</td></tr> <tr><td>450</td><td>34.5</td></tr> <tr><td>500</td><td>34.5</td></tr> <tr><td>550</td><td>34.0</td></tr> <tr><td>600</td><td>33.5</td></tr> <tr><td>650</td><td>33.3</td></tr> <tr><td>700</td><td>33.2</td></tr> </tbody> </table>	Distancia (m)	Temperatura (°C)	0	29.8	50	30.0	100	30.2	150	30.8	200	31.5	250	32.5	300	33.5	350	34.2	400	34.5	450	34.5	500	34.5	550	34.0	600	33.5	650	33.3	700	33.2										
Distancia (m)	Temperatura (°C)																																											
0	29.8																																											
50	30.0																																											
100	30.2																																											
150	30.8																																											
200	31.5																																											
250	32.5																																											
300	33.5																																											
350	34.2																																											
400	34.5																																											
450	34.5																																											
500	34.5																																											
550	34.0																																											
600	33.5																																											
650	33.3																																											
700	33.2																																											

<p>La floresta</p>		<p>Temperatura de superficie</p> 
<p>Tnt. Hugo Ortiz</p>		<p>Temperatura de superficie</p> 
<p>Mayorista</p>		<p>Temperatura de superficie</p> 



- En las zonas piloto Miraflores y Rodrigo de Chávez, no se encuentran áreas permeables extensas para ser comparadas.

7.6. Conclusiones

En este trabajo se valoró las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades termal. De acuerdo a los resultados obtenidos y a la comparación realizada de los parámetros, se evidencia una relación entre ellos. Dicha relación ratifica la teoría de Oke (1982) en donde indica que las grandes superficies impermeables y volúmenes de construcciones absorben mayor calor y se reflejan en la temperatura de la superficie.

Las superficies impermeables contribuyen en los efectos de las islas de calor urbano en la Ciudad de Quito ya que almacenan calor, en las zonas piloto el área impermeable llega a cubrir casi la totalidad del área de estudio, excepto en la zona piloto Kennedy; lo cual indica que existe una alta concentración de absorción del calor por los materiales de construcción; sin embargo, en el estudio realizado podemos observar que existen grandes

extensiones de material concreto en donde se incrementa aún más la temperatura de superficie, como es el caso de la explanada de la feria de la Ofelia.

LCZ, sky view factor y aspect ratio y albedo, estos datos que al ser comparados con la teoría de Steward & Oke (2012) confirman la relación que existe entre estos parámetros que influyen en los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito, en donde las zonas piloto que tiene SVF más cerrado con tendencia a 0 presentan una T_s mayor. Por lo tanto las vías con SVF con tendencia a 0 no liberan rápidamente el calor generado por la absorción de la radiación solar lo cual se constata con el albedo.

El calor antropogénico tienen una relación con la densidad de construcción, las zonas con mayor metros cuadrados de construcción son las que más generan calor antropogénico (Qf).

En la comparación de las áreas permeables e impermeables con la temperatura de superficie, podemos constatar que las áreas verdes conservadas y con arborización medianamente densa contribuyen a disminuir la temperatura de la superficie y que las superficie permeables con vegetación seca o suelo descubierto tienen un comportamiento similar al de las superficies impermeables (pavimento) ya que almacenan igual o mayor calor que ellas.

Las *local climate zone* son prototipos que indican el comportamiento de los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito, con esta información se puede implementar rehabilitaciones urbanas con un enfoque de sustentabilidad con la finalidad de disminuir los efectos de la isla de calor urbano y mejorar las condiciones de confort térmico urbano de sus habitantes.

7.7. Bibliografía

- Almanza, R. (2009). DICCIONARIO TÉCNICO CORREGIDO Y AUMENTADO DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN ENERGÍA SOLAR. *Ingeniería de La Energía Solar III*. Retrieved from https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/DiccionarioSolar_31_03_2016.pdf
- C40 CITIES. (2020). C40. Retrieved from <https://www.c40.org/networks>
- Davenport, A., Grimmond, C. S. ., Oke, T. R., & Wieringa, J. (2000). Estimating the roughness of the cities and sheltered country. *American Meteorological Society*, 96–99.
- HABITAT, O. (2011). ONU HABITAT. Retrieved from <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/cambio-climatico/>
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR URBAN CLIMATE. (2004). *IAUC Newsletter*. p. 19. Retrieved from <http://www.urban-climate.org/>
- Landsberg, H. E. (1981). *The Urban Climate* (A. Press, Ed.). New York.
- MAIGUA, P. (2020). *CIUDAD Y CAMBIO MICROCLIMÁTICO EN LA CIUDAD DE QUITO*. UNIVERSIDADE DE BRASILIA.

-
- MUNICIPIO DE QUITO. (2018). GEOSERVICIOS. Retrieved from <http://geoportal.quito.gob.ec/smiq/>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY*, 1–24.
- Oke, T. R. (1987). *BOUNDARY LAYER CLIMATES*.
- Oke, T. R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. *Energy and Buildings*, 11, 103–113.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Stewart, I., & Kennedy, C. (2015). Estimating anthropogenic heat release from megacities. *ICUC9 - 9 Symposium on the Urban Environment, 20–24 July 2015, Toulouse, France Th International Conference on Urban Climate Held Jointly with the 12th*.
- WUDAPT. (2017). WUDAPT Global Initiative: Census of Global Cities. Retrieved from http://www.wudapt.org/wp-content/uploads/2017/06/WUDAPT-Briefing-Doc_20170630.pdf

8. CONCLUSIONES GENERALES

8.1. CONCLUSIONES FASE I

8.1.1. Conclusiones Respecto A Los Índices Espectrales

8.1.1.1. *Índice Diferenciado de Vegetación Normalizada - NDVI*

En el periodo 2010 – 2015 se concluye una importante disminución en la vegetación en las parroquias de san Antonio, Pomasqui, Calderón y Guayllabamba, Calacalí, San José de Minas esto debido a los bajos niveles de precipitación presentados en esta época y aumento de zonas de uso agrícola, ganadero y urbano. Lo propio ocurre en las parroquias de Conocoto, Alangasí, La Merced, Amaguña y Guangopolo, en la que los cambios se producen principalmente hacia la cercanía de las cabeceras parroquiales. Finalmente en las parroquias de Cumbayá, Tumbaco, Puembo y Tababela, los cambios se evidencian sobretodo a lo largo de la actual La Ruta Viva y corredor Alpachaca.

Para el periodo 2015 -2019 no se observan mayores cambios respecto al NDVI, en tanto que para marzo del 2020, los resultados indican un incremento en la vegetación, debido al periodo de lluvias de esas fechas.

Los resultados del cálculo del NDVI, muestran de forma clara, una predominancia de ausencia de vegetación en la meseta central de Quito, la cual se muestra en tonos de color rojo para el periodo 2010-2019.

8.1.1.2. *Índice de diferencia de construcción normalizada - NDBI*

En los resultados obtenidos, observa que existen áreas identificadas como consolidadas urbanas en zonas rurales, este tipo de interpretación del sensor se debe a la presencia de vegetación erial, suelo desnudo o zonas de suelo agrícola que su respuesta espectral es similar al de un área urbana

Para el periodo 2010 -2015se observa un incremento de zonas antrópicas en las parroquias de la mancomunidad norcentral: Puéllaro, San José de Minas y Chavezpamba, y para las parroquias El Quinche y Checa, Guangopolo, Alangasí, La Merced, Conocoto y Cumbayá, que pueden deberse a la presencia de vegetación erial, suelo desnudo o zonas de suelo agrícola.

Para el periodo 2015 -2019 no se observan mayores cambios, donde los valores resultantes oscilan en el rango del -1,0 a 1,0, siendo los valores mayores de cero lo que identifican las zonas edificadas y suelos desnudos, y los valores negativos indican la presencia de cubiertas vegetales.

Para marzo 2020, se observa una disminución del área no antrópica en la zona este de la zona de estudio, debido a las condiciones climáticas lluviosas presentes en esta época, delimitando de mejor manera el área urbana u antrópica existente. Dentro del análisis se

puede observar que las parroquias rurales de Calacalí, San Antonio de Pichincha presentan una interpretación errónea del área urbana existente debido a la respuesta espectral del sensor sobre suelo de tipo arenoso y calcáreo y sobre el tipo de vegetación erial. Se puede identificar que la zona urbana consolidada se encuentra en la meseta central de Quito y en las principales parroquias rurales en expansión, debido a varios factores como el aeropuerto de Quito.

8.1.1.3. Índice de diferencia de agua normalizada - MNDWI

Para el periodo 2010 - 2015 se observa que las zonas con presencia de evapotranspiración se reducen en 2015 en parroquias como San José de Minas, Atahualpa, Lloa, Amaguaña, Pintag, Alangasí, Guangopolo, Conocoto, Calacalí, Tumbaco y Tababela.

Para el periodo 2015 - 2019 se observa que en sectores como San José de Minas y Amaguaña, en 2019 existe una ligera recuperación de zonas con mayor índice de evapotranspiración. En las demás parroquias se observa que se mantiene muy similar al año 2015.

Para el mes de marzo de 2020 se observa un patrón similar, en donde los tonos entre amarillo y rojo, muestran las zonas con menor evapotranspiración que coincide con la zona de la meseta urbana de Quito y los tonos de azul muestran las zonas de mayor evapotranspiración, que coincide con los sectores con presencia de vegetación. Existen adicionalmente valores pico en las zonas con cobertura boscosa, en las que debido a la respuesta espectral de una nube (color blanco) se asocia a suelo desnudo.

8.1.2. Análisis De Resultados De Temperatura Superficial Para Los Años 2010, 2015 Y 2020

8.1.2.1. Año 2010

Para el año **2010** la temperatura superficial **máxima** más alta es de 44.8°C y se encuentra en San Antonio, que corresponde a una mezcla entre suelos desnudos de origen antropogénico, zonas consolidadas y/o arbustos secos; en segundo lugar se encuentra El Quinche con 43.5°C donde se observan cultivos de ciclo corto; en tercer lugar Guayllabamba con 43.1°C que corresponde a suelo desnudo. Las parroquias con la mayor temperatura superficial **media** son: San Antonio (33.5°C), Calderón (32.2°C) y Concepción (31.2°C).

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias urbanas**, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios, se concluye que las parroquias **del norte de Quito**: Concepción, Cotocollao son las que presentan la temperatura superficial más alta, le siguen Belisario Quevedo, Kennedy y Rumipamba, en tanto que El Condado, presenta las temperaturas superficiales más bajas. Al analizar las parroquias del **centro de Quito**, se observa que las San Juan y Centro Histórico son las que presentan las temperaturas superficiales más altas. Finalmente al analizar las parroquias **sur de Quito**, Chilibulo, La Magdalena y San Bartolo son las que presentan las temperaturas superficiales más altas, en tanto que La Argelia y Turubamba son las que presentan las temperaturas superficiales más bajas.

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias rurales**, considerando las temperaturas predominantes en sus respectivos territorios, se concluye que las parroquias del **norte de Quito** San Antonio, Calderón y Pomasqui, presentan las temperaturas superficiales más altas; la parroquia de Nono, presenta las temperaturas superficiales más bajas. Para las parroquias rurales del **nororiente de Quito** se concluye que las temperaturas son similares en todas las parroquias, con picos de temperaturas bajas próximas al cero, las cuales provienen de nubes. En el caso de las parroquias **surorientales de Quito**: Conocoto, Guangoolo y Alangasí, son las que presentan las mayores temperaturas superficiales más altas; en tanto que Amaguaña, la Merced y Pintag, presentan valores significativos de temperaturas superficiales bajas cercanas al cero debido a la presencia de nubes.

8.1.2.2. Año 2015

Para el año **2015**, las mayores temperaturas superficiales se localizan en Zábiza, Tumbaco, Puembo y Alangasí con 49°C. En el caso de Zábiza y Tumbaco el pico más alto corresponde a arbustos secos, en el caso de Puembo responde a suelos cultivados y a invernaderos; y para el caso de Alangasí el pico más alto se localiza en zonas urbanizadas. Las parroquias con la mayor temperatura superficial **media** son: Calderón (39°C), San Antonio (38.4°C) y Llano Chico (38.3°C).

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias urbanas**, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios, se concluye que las parroquias del **norte de Quito**: Carcelén, Concepción y Cotocollao son las que presentan las temperaturas superficiales más altas, por otra parte, Mariscal Sucre, Belisario Quevedo y Cochapamba presenta las temperaturas superficiales más bajas. En el caso de las **parroquias del Centro** de Quito, las cuatro parroquias analizadas presentan temperaturas superficiales similares; finalmente en las **parroquias del sur**, San Bartolo y La Magdalena presentan las temperaturas superficiales más altas, seguida de Chilubulo; por otra parte La Argelia y Quitumbe, presentan las temperaturas superficiales más bajas.

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias rurales**, considerando las temperaturas predominantes en sus respectivos territorios, se concluye que las parroquias **del norte de Quito**: San Antonio y Calderón presentan la temperatura superficial más alta, seguida de Llano Chico y Pomasqui. La zona de estudio perteneciente a Nono, es la que presenta los valores más bajos. Para las parroquias **rurales del nororiente** de Quito, Tababela, es la que presenta la mayor temperatura superficial, seguida de Puembo, Tumbaco y Cumbayá. Por otra parte, El Quinche, es la que presenta los valores más bajos. En el caso de las parroquias **rurales del sur oriente** de Quito, todas las parroquias presentan temperaturas superficiales similares.

8.1.2.3. Año 2019

Para el año **2019**, las mayores temperaturas superficiales se localizan en Puembo con 49.1°C, seguida de Guayllabamba con 46.7°C, en tercer lugar Carcelén con 45.4°C. De acuerdo al análisis realizado, la temperatura más alta en Puembo corresponde a un invernadero, en el caso de Guayllabamba corresponde a arbustos secos, y en el caso de Carcelén corresponde a suelo desnudo. Las parroquias con la mayor temperatura superficial **media** son: Calderón (35.8°C), Llano Chico (35.7°C) y San Antonio (34.8°C).

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias urbanas**, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios, se concluye que para las parroquias del **norte de Quito**, Carcelén es la que presenta las temperaturas superficiales más altas, seguida de Concepción y Cotocollao; por otra parte Mariscal Sucre es la que presenta los valores más bajos. Para las parroquias del **Centro de Quito** se concluye que todas las parroquias presentan temperaturas superficiales similares. Finalmente al analizar las **parroquias del Sur** de Quito: Chilibulo, San Bartolo y La Magdalena son las que presentan mayores temperaturas superficiales, no obstante Chillogallo, Chimbacalle, La Mena y Solanda, también presentan altos valores de temperatura superficial. Las parroquias La Argelia y Quitumbe son las que presentan las temperaturas superficiales más bajas.

Al realizar un análisis comparativo entre **parroquias urbanas**, considerando las **temperaturas superficiales predominantes** en sus respectivos territorios, se concluye que en las parroquias del **norte de Quito**, San Antonio y Calderón son las que presentan las temperaturas superficiales más altas, seguidas de Llano Chico, en tanto que Guayllabamba y el área de estudio de Nono, presentan los valores más bajos. Para las parroquias **del nororiente** de Quito, Tababela es la que presenta las mayores temperaturas superficiales, en tanto que Pifo es la que presenta las temperaturas superficiales más bajas. Las demás parroquias presentan temperaturas superficiales similares. En el caso de las parroquias **del sur oriente** de Quito se concluye que las temperaturas superficiales son similares en todas las parroquias.

8.1.3. Análisis De Variación De Las Temperaturas En Las 55 Parroquias En El Periodo 2010 - 2019

Al analizar la evolución de las temperaturas superficiales **máximas** para el periodo 2010 - 2015 de las **parroquias urbanas**, se observa que de forma general las temperaturas se incrementan en promedio entre 4°C para las parroquias del norte y centro de Quito, y de 5°C para las parroquias del sur de Quito. Al analizar el periodo 2015 -2019, se observa que las temperaturas disminuyen en el 2019 respecto al 2015 en 1.2°C para las parroquias del norte y centro de Quito y 2.6°C para las parroquias del sur de Quito.

Así mismo, al analizar las temperaturas superficiales **medias**, para el periodo 2010 -2015 de las **parroquias urbanas**, se observa que de forma general las temperaturas se incrementan en promedio entre 6°C para las parroquias del norte y centro de Quito, y de 6.8°C para las parroquias del sur de Quito. Al analizar el periodo 2015 -2019 se observa que las temperaturas disminuyen en el 2019 respecto al 2015 en 1.2°C para las parroquias del norte, en 1.9°C en las parroquias del centro de Quito y 2.5°C para las parroquias del sur de Quito.

Por otra parte, al analizar la evolución de las temperaturas superficiales **máximas** para el periodo 2010 -2015 de las **parroquias rurales**, se observa que de forma general las temperaturas se incrementan en promedio entre 4.6°C para las parroquias del norte, 5.9 para las parroquias nororientales, y 13.2°C para las parroquias del sur orientales de Quito. Al analizar el periodo 2015 -2019 se observa que las temperaturas disminuyen en el 2019 respecto al 2015 en 3.2°C para las parroquias del norte, 2.2°C para las parroquias nororientales y 4.7°C para las parroquias surorientales de Quito.

Así mismo, al analizar las temperaturas superficiales **medias**, para el periodo 2010 -2015 de las **parroquias rurales**, se observa que de forma general las temperaturas se

incrementan en promedio entre 7.8°C para las parroquias del norte, 10.2°C para las parroquias nor orientales y 14.7°C para las parroquias surorientales de Quito. Al analizar el periodo 2015 -2019 se observa que las temperaturas disminuyen en el 2019 respecto al 2015 en 3°C para las parroquias del norte, 2°C para las parroquias nororientales y 2.4°C para las parroquias surorientales de Quito.

8.1.4. Análisis De Variación De Las Temperaturas En Las Zonas Piloto En El Periodo 2010 -2019

Para el año **2010** las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, presentan las mayores temperaturas superficiales con respecto a las demás zonas. Por otra parte, las zonas de La Floresta, Mayorista y Nueva Aurora son las que presentan las temperaturas superficiales más bajas. El punto más alto de temperatura superficial se encuentra en La Delicia y el punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal.

En el año **2015**, las zonas de Kennedy y La Delicia se mantienen como las zonas con mayor temperatura superficial, no obstante se incorporan en este grupo las zonas Quitumbe, Rodrigo de Chávez y Teniente Hugo Ortiz. Por otra parte, la zona de La Floresta continúa dentro del grupo de zonas con temperatura superficial más baja conjuntamente con la zona Portugal. El punto más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy y el punto de temperatura superficial más bajo está en la zona Portugal.

En el año **2019**, las zonas de Kennedy, La Delicia, Miraflores y San Blas, presentan las mayores temperaturas superficiales, en tanto que las zonas de Mayorista y Nueva Aurora son las que tienen las temperaturas superficiales más bajas. El punto de temperatura superficial más alto de temperatura superficial se encuentra en Kennedy y el punto de temperatura superficial más baja se encuentra en la zona Portugal.

8.2. CONCLUSIONES FINALES FASE II

El norte es más cálido que el sur, una tendencia comprobada tanto en la temperatura superficial como en la temperatura del aire a la altura de un peatón, esta diferencia térmica está vinculada, en parte, con la geografía de la ciudad ya que existe una diferencia de altitud de 200 metros aproximadamente entre norte y sur, por ejemplo Nueva Aurora tiene una altitud de 2.965msnm y La Delicia 2.768 msnm; por otro lado, el sur aún se encuentran en proceso de consolidación con la presencia de más predios baldíos con vegetación, en cambio en el norte la urbanización está consolidada y ampliamente impermeabilizada.

Considerando que la temperatura superficial es captada por el sensor OLI a las 10h26 de la mañana, cuando el nivel de radiación es menor a la receptada al mediodía, sin duda la temperatura superficial máxima diaria será aún mayor que la analizada en el presente estudio. Para captar dichos máximos es necesario disponer de otro tipo de equipos más precisos como cámaras termográficas que sobrevuelen los tramos y al mismo tiempo registrar la temperatura del aire.

La temperatura del aire tomada al interior de los cañones urbanos, a la altura de un peatón, es siempre más alta que la registrada por las estaciones meteorológicas oficiales, el estudio evidencia un rango de diferencia muy amplio con una variación de 1,2º C a 16,9º C, es decir

que mientras una estación meteorológica registra 19° C, a en un radio de 2000 metros se podría registra hasta 35,9° C.

La vegetación influye en la disminución de la temperatura en dos escalas, una meso en la que los grandes parques ayudan a disminuir la temperatura superficial y una escala micro en la que el arbolado disminuye la temperatura del aire a la altura de un peatón, pero adicionalmente hay algunas características que deben cumplir los parques y el arbolado para que efectivamente cumplan la función termorreguladora en el microclima urbano.

En el caso de los parques es necesario que tengan grandes extensiones para influenciar en la temperatura superficial, el estudio de las 13 zonas piloto muestra que el parque con dimensiones superiores a los 9.000 m² si influencia en la disminución térmica a las 10h26 de la mañana, es decir que al medio día, con el sol en el cenit, esta capacidad termorreguladora se multiplicará positivamente. Además, dependerá de la existencia de arbolado para que la disminución térmica sea efectiva.

En el caso del arbolado se evidencia la necesidad de que el árbol alcance su crecimiento natural tanto en altura como en la estructura de su copa, caso contrario el efecto termorregulador es nulo, esto ha sido corroborado al interpretar la negación y afirmación parcial de las hipótesis uno y dos, relativas a la densidad y altura del árbol. La falta de conocimiento sobre las características biofísicas del arbolado como la especie, el estado de mantenimiento o el tipo de poda, hizo perder de vista factores clave en el efecto termorregulador como el ancho de la copa y el tipo de follaje, por lo cual la densidad arbórea analizada en este estudio es un criterios parcial que debe ir acompañado necesariamente de esas características biofísicas.

Existe una influencia de las grandes áreas verdes colindantes con las zonas piloto de la Portugal (La Carolina), San Blas (Alameda e Itchimbía), Rodrigo de Chávez (Río Machángara y Parque Ecológico), Mayorista (Río Machángara) y Miraflores Bajo (El Ejido), en todos estos casos la temperatura de las zonas piloto disminuyen en la zona colindante con estos amplios espacios verdes y aumenta conforme nos alejamos de ellos.

Se identificaron patrones de espacios verdes particulares en las zonas de La Floresta, Quitumbe y Nueva Aurora, en estos casos la impermeabilización no es continua como Teniente Hugo Ortiz o La Delicia, sino más bien hay pequeños o medianos espacios verdes privados como parches dispersos, estos corresponden a patios interiores arbolados en el caso de La Floresta, espacios verdes comunales (120m²) en conjuntos residenciales en el caso de Quitumbe y predios baldíos (100m²) en Nueva Aurora. Estas zonas tienen temperaturas bajas en comparación con áreas de impermeabilización continua, por ejemplo La Floresta registra sobre la zona residencial 28° C, Quitumbe 27° C y Nueva Aurora 24,5° C.

En definitiva los resultados de las 3 hipótesis comprueba el nivel de complejidad que implica este tipo de estudios y la necesidad de seguir investigando en la temática con equipos multidisciplinarios que integren profesionales expertos en especies arbóreas, lo que sí queda claro es que la vegetación influye en la temperatura a través de la sombra que proyecta sobre el suelo, los resultados demuestran que la temperatura del aire tomada bajo sombra de un árbol siempre es más baja que la de temperatura tomada sin sombra, el arbolado bien cuidado definitivamente brinda mejores condiciones térmicas para los peatones, por ejemplo, en la acera de la Av. de Los Algarrobos, en el barrio La Victoria, si estas bajo la sombra de un árbol al medio día, la temperatura del aire es de 19,5° C, a diferencia de 32° C si estas caminado sin sombra de un árbol, es decir que hay una diferencia de 12,4° C.

8.3. CONCLUSIONES FINALES FASE III

En este trabajo se valoró las propiedades de geometría urbana, cobertura de superficie y propiedades termales. De acuerdo a los resultados obtenidos y a la comparación realizada de los parámetros, se evidencia una relación entre ellos. Dicha relación ratifica la teoría de Oke (1982) en donde indica que las grandes superficies impermeables y volúmenes de construcciones absorben mayor calor y se reflejan en la temperatura de la superficie.

Las superficies impermeables contribuyen en los efectos de las islas de calor urbano en la Ciudad de Quito ya que almacenan calor, en las zonas piloto el área impermeable llega a cubrir casi la totalidad del área de estudio, excepto en la zona piloto Kennedy; lo cual indica que existe una alta concentración de absorción del calor por los materiales de construcción; sin embargo, en el estudio realizado podemos observar que existen grandes extensiones de material concreto en donde se incrementa aún más la temperatura de superficie, como es el caso de la explanada de la feria de la Ofelia.

LCZ, sky view factor y aspect ratio y albedo, estos datos que al ser comparados con la teoría de Steward & Oke (2012) confirman la relación que existe entre estos parámetros que influyen en los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito, en donde las zonas piloto que tiene SVF más cerrado con tendencia a 0 presentan una T_s mayor. Por lo tanto las vías con SVF con tendencia a 0 no liberan rápidamente el calor generado por la absorción de la radiación solar lo cual se constata con el albedo.

El calor antropogénico tienen una relación con la densidad de construcción, las zonas con mayor metros cuadrados de construcción son las que más generan calor antropogénico (Q_f).

En la comparación de las áreas permeables e impermeables con la temperatura de superficie, podemos constatar que las áreas verdes conservadas y con arborización medianamente densa contribuyen a disminuir la temperatura de la superficie y que las superficie permeables con vegetación seca o suelo descubierto tienen un comportamiento similar al de las superficies impermeables (pavimento) ya que almacenan igual o mayor calor que ellas.

Las *local climate zone* son prototipos que indican el comportamiento de los efectos de la isla de calor urbano en la Ciudad de Quito, con esta información se puede implementar rehabilitaciones urbanas con un enfoque de sustentabilidad con la finalidad de disminuir los efectos de la isla de calor urbano y mejorar las condiciones de confort térmico urbano de sus habitantes.