

COMISION DE DESARROLLO URBANO, OBRAS PÚBLICAS, ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA.



MINUTA

Ciudad Obregón, Sonora, siendo las **09:00** horas del día **viernes 07 de julio del 2023**, se dio inicio a la **Comisión de Desarrollo Urbano, Obras públicas, Asentamientos Humanos y Preservación Ecológica**, en **salón Los Presidentes** de este H. Ayuntamiento de Cajeme, para analizar el siguiente orden del día:

1. Lista de asistencia.
2. Presentación y lectura de los resultados del proyecto de **"Estimación el efecto del calor en la Zona Urbana de Ciudad Obregón, Sonora"**; seguimiento.
3. Asuntos generales
4. Clausura de la sesión

1.- Lista de asistencia.

Una vez pasada lista de presentes y encontrándose reunido el quórum legal, con la asistencia de los regidores integrantes de la comisión: **Reg. Anabel Acosta Islas, Reg. Gustavo Ignacio Almada Borquez, Reg. Manuel Alejandro Monge Badachi, Reg. Raul Fernando Salas Valenzuela, Reg. Jackeline Ramos Barba**; Presidenta y vocales respectivamente, así mismo estuvieron como invitados: **Dra. Claudia Cota Arellano**, Directora de Salud Municipal; **C. Jesús Manuel Espinoza Castillo**, por parte de la Dirección de Salud Municipal, **C. Luis Méndez Borroso**, de ITSON, **C. Cristian Marlene Tapia Hernández**, Auxiliar Administrativo de Comunicación Social, **C. Carmen Pablos**, Representante de Fundación Ambiental del Valle del Yaqui A . **C. Alma Marina Zatarain Armenta**, Jefa de normatividad, **Dr. Juan Carlos Gil Muñoz**, Subdirector de Ecología y Gestión ambiental.

2. Presentación y lectura de los resultados del proyecto de "Estimación el efecto del calor en la Zona Urbana de Ciudad Obregón, Sonora"; seguimiento.

Se hizo presentación por parte del doctor **Luis Méndez** sobre el proyecto de estimación para el efecto de calor en la Zona Urbana de Ciudad Obregón Sonora

La asociación ambientalista del valle del Yaqui expuso la necesidad de subir el rango de la Subdirección de Ecología a Secretaria.

El regidor **Gustavo Ignacio Almada Borquez**, solicitó información al respecto al Titular de Gestión Ambiental y Ecología del Municipio de Cajeme, quién expuso su opinión al tema mencionado.

Se solicitaron explorar posibles acciones por parte de las diferentes dependencias.

La **Subdirección de Salud** presentó las acciones llevadas a cabo por su dependencia las cuales anexa a la presente minuta.

El **Titular de Gestión Ambiental y Ecología del Municipio de Cajeme**, hizo mención acerca de reglamentos que no se cumplen por parte de la Secretaria de Desarrollo Urbano, Obras Publicas y Ecología, por lo que se tomaron los siguientes acuerdos:

ACUERDOS

Acuerdo 1) La **Comisión de Desarrollo Urbano, Obras públicas, Asentamientos Humanos y Preservación Ecológica**, acordó solicitar a la **Dirección de Comunicación Social, Subdirección de Ecología y Gestión ambiental y Dirección de Salud Municipal**, acciones posibles, soluciones sugerencias de políticas públicas para la toma de decisiones esto con base en los resultados presentados con las islas de calor, esto para su presentación en la próxima sesión.

Acuerdo 2) Dar seguimiento la reglamentación del árbol para integrar la arborización y explorar e incluir la arborización con vegetación nativa.

3.- Asuntos generales.

Sin asuntos generales.

**COMISION DE DESARROLLO URBANO, OBRAS PÚBLICAS,
ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA.**



MINUTA

4.-Clausura de la reunión.

No habiendo otro asunto que tratar se da por concluida la presente reunión y por cerrada la presente minuta de trabajo, siendo las 10:28 horas del mismo día, previa lectura y ratificación de la misma de conformidad por todos los que en ella asistieron e intervinieron, firmando al margen y al calce para su debida constancia y validez; los integrantes de la

**COMISION DE DESARROLLO URBANO, OBRAS PÚBLICAS,
ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA.**


REG. ANABEL ACOSTA ISLAS.
PRESIDENTA


REG. GUSTAVO IGNACIO ALMADA BORQUEZ
SECRETARIO

VOCALES


REG. MANUEL ALEJANDRO MONGE BADACHI.


REG. JACKELINE RAMOS BARBA


REG. RAUL FERNANDO SALAS VALENZUELA



Cd. Obregón, Son. a miércoles 05 de julio del 2023

**COMISIÓN DESARROLLO URBANO, OBRAS PÚBLICAS,
ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA**

**INVITADOS E INTEGRANTES DE LA COMISIÓN.
PRESENTE.-**

CONVOCATORIA.

Por este medio se le convoca a participar a la sesión de trabajo de la Comisión; la cual se realizará el día **viernes 07 de julio** del presente año, en punto de las **09:00 hrs.** en **salon Los Presidentes** de este H. Ayuntamiento de Cajeme, para llevar a cabo el siguiente:

ORDEN DEL DÍA

1. Lista de asistencia.
2. Presentación y lectura de los resultados del proyecto de "Estimación el efecto del calor en la Zona Urbana de Ciudad Obregón, Sonora"; seguimiento.
3. Asuntos generales
4. Clausura de la sesión

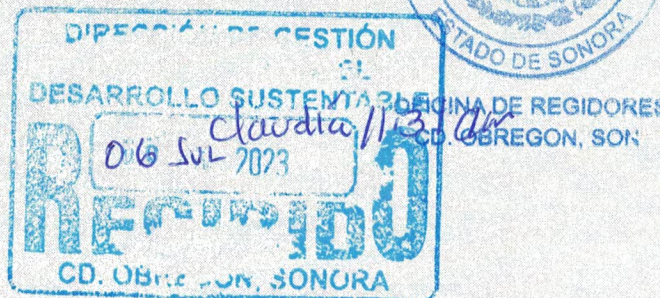
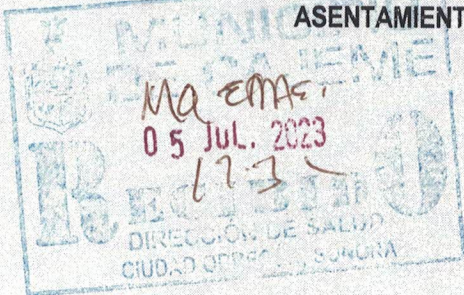
Agradecemos de antemano su puntual asistencia, solicitando su presencia 15 minutos antes de la hora señalada.



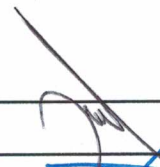

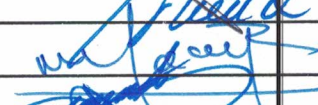


REG. ANABEL ACOSTA ISLAS.



**PRESIDENTA DE LA COMISIÓN DESARROLLO URBANO, OBRAS PÚBLICAS,
ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA**


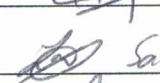
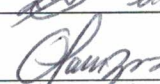
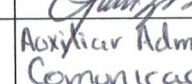
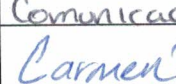
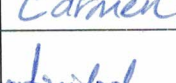
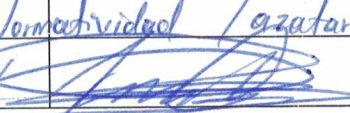


LISTA DE REGIDORES QUE ASISTIERON A REUNION DE COMISION DE DESARROLLO URBANO, OBRAS PUBLICAS, ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACION ECOLOGICA, EL DIA VIERNES 07 DE JULIO DEL AÑO EN CURSO, A LAS 09:00 HRS, EN EL SALON LOS PRESIDENTES DE ESTE H. AYUNTAMIENTO DE CAJEME.

| | | |
|---|--------------------------------|---|
| 1 | ANABEL ACOSTA ISLAS |  |
| 2 | GUSTAVO IGNACIO ALMADA BORQUEZ |  |
| 3 | MANUEL ALEJANDRO MONGE BADACHI |  |
| 4 | RAUL FERNANDO SALAS VALENZUELA |  |
| 5 | JACKELINE RAMOS BARBA |  |

INVITADOS

FIRMA Y PUESTO:

| | |
|--|---|
| Claudia Cota Arellano |  Salud municipal |
| Estimora Casallo Torres M. |  Salud municipal |
| Luis A. Méndez Barrero |  ITSON. |
| Christian Marlene Tupia Hernandez. |  Auxiliar Administrativo Comunicación Social |
| Carmen Pablos M. FUNDACION AMBIENTAL DEL VALLE DEL YAQUI A-C |  - GERENTE GENERAL |
| Alma Yanna Zatarain Armenta / Jefe de Normatividad |  zatarain@cajeme.gob.mx |
| Juan Carlos Gu Nunez / SUBDIRECTOR |  |



DEPENDENCIA:
SECRETARIA

SECCIÓN:
COORDINACION DE REGIDORES

NÚMERO DE OFICIO:
CAR/0982/07/2023

ASUNTO:
El que se indica

CIUDAD OBREGÓN, SONORA A:
05 de julio de 2023

**C. SANTA ESMERALDA LÓPEZ PÉREZ.
SECRETARIA PARTICULAR DEL ALCALDE MUNICIPAL.
PRESENTE.-**

Por medio del presente, envié un cordial saludo y al mismo tiempo le solicito su apoyo para facilitarnos el **salón Los Presidentes** con el objeto de llevar a cabo una sesión de la **Comisión de Desarrollo Urbano, Obras Públicas, Asentamientos Humanos y Preservación Ecológica**, el día **viernes 07 de julio del 2023** a las **09:00 horas**, Por lo cual solicitamos apoyo para lo siguiente:

- Acomodo de mesas en forma de herradura.
- Pantalla y proyector.

Por lo anterior espero respuesta lo antes posible para realizar las invitaciones correspondientes; Sin otro asunto en particular, quedando a sus órdenes para cualquier aclaración o comentario que considere pertinente

ATENTAMENTE.

C. ANABEL ACOSTA ISLAS
PRESIDENTA DE LA COMISIÓN DE DESARROLLO URBANO,
OBRAS PÚBLICAS, ASENTAMIENTOS HUMANOS Y PRESERVACIÓN ECOLÓGICA
H. AYUNTAMIENTO DE CAJEME.
ADMINISTRACION 2021-2024



C.C.P. Archivo



DOCUMENTO OFICIAL H. AYUNTAMIENTO DE CAJEME



FICHA INFORMATIVA

Prevención de Golpe de calor y deshidratación CAJEME SONORA.

Cd. Obregón, Sonora a 07 de Julio de 2023

Reg. Anabel Acosta Islas

Presidenta de la Comisión de Desarrollo Urbano, Obras Publicas, Asentamientos Humanos y Preservación Ecológica.

PRESENTE.

Atraves de la presente se informa sobre las acciones para la prevención de Golpe de calor y deshidratación llevada a cabo por la Dirección de Salud Municipal.

- Platicas informativas en **talleres municipales, parques y jardines, parque Ostimuri**
- Entrega de folletería y apertura de campaña **Suero Casero**
- Atención de pacientes con signos y síntomas de deshidratación o golpes de calor (54 pacientes)
- Repartición de suero vida oral (200)
- **Pendiente:** Acudir a escuelas para las medidas preventivas

Atentamente

Dra. Claudia Cota Arellano
Directora de Salud Municipal

- Imprimir presentación

- Dar

Se hizo presentación por parte del Dr. Luis Mendez.

La asociación ambientalista del valle del Yagui expuso la necesidad de subir el rango de la Subdirección de Ecología a Secretaría.

El reg. Gustavo solicitó información al respecto al subdirector de ecología ~~quien~~

quien expuso su opinión al tema mencionado.

Se solicitaron explorar posibles acciones por parte de las diferentes dependencias.

La Subdirección de Salud presentó las acciones llevadas a cabo por su dependencia (se anexan)

El subdirector de ecología hizo mención acerca de reglamentos que no se cumplen por parte de desarrollo urb. por lo que se tomaron los sig. acuerdos:

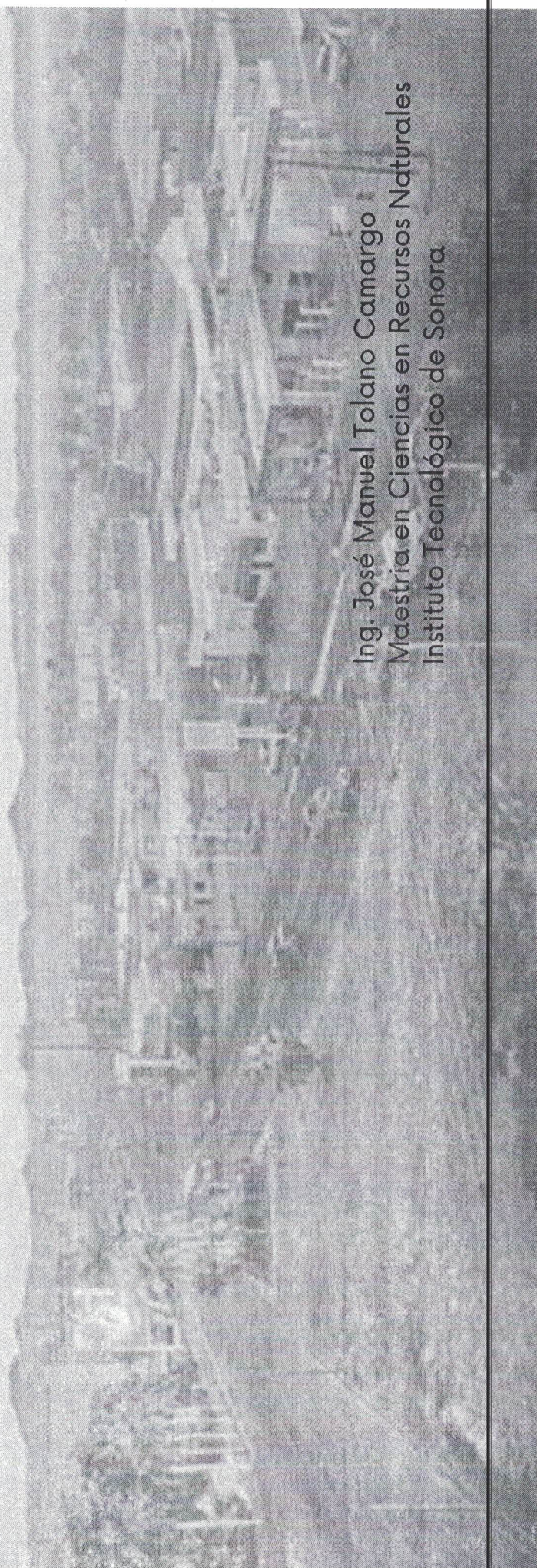
1) Solicitar acciones, posibles soluciones,
sugerencia de políticas públicas ^{para}
~~con~~ toma de decisiones ^{para su presentación} con base ^{en la prox}
en los resultados presentados con ^{sesi}
Listas de calor.

Com. social, direcc. de ecología. y
Dirección de salud

2) Dar seguimiento a la reglamentación
del árbol, para integrar la arbolización
y explorar e incluir la arbolización con
vegetación nativa.

ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE ISLA DE CALOR EN LA ZONA URBANA DE CIUDAD OBREGÓN, SONORA, MÉXICO

Ing. José Manuel Tolano Camargo
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales
Instituto Tecnológico de Sonora



Comité de tesis



Dr. Luis Arturo Méndez Barroso

Director
ITSON



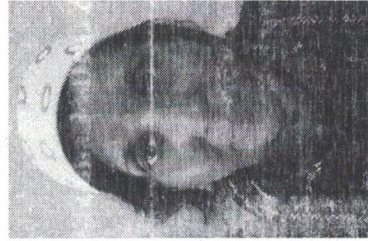
Dr. Agustín Robles Morua

Co-Director
ITSON



Dr. Jaime Garatuza Payan

Revisor
ITSON



Dra. Zulia Mayarí Sánchez Mejía

Revisor
ITSON

CONTENIDO

- 01 **Introducción**
- 02 **Planteamiento del problema**
- 03 **Justificación**
- 04 **Objetivos**
- 05 **Métodos**
- 06 **Resultados**
- 07 **Conclusión**

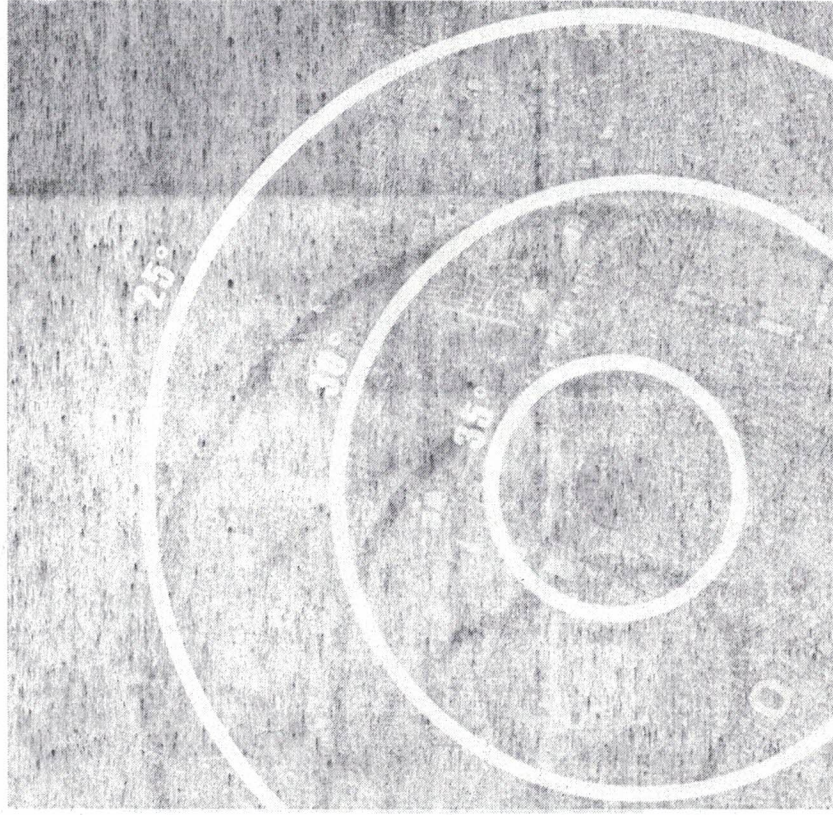
INTRODUCCIÓN

Las islas de calor urbano (ICU) son áreas urbanas en las que la temperatura se encuentra significativamente más elevada que las áreas rurales que la rodean.

Generalmente el efecto de isla de calor urbana se asocia a dos procesos de urbanización: (1) El remplazo de la cobertura natural del suelo por materiales impermeables como el asfalto y el concreto y (2) el incremento considerable en las emisiones de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera por el transporte y la industria local.

El primer estudio relacionado a el efecto de las islas de calor urbano data del año 1818. En dicho estudio se analizaron las diferencias en temperatura de la ciudad de Londres, mediante registros meteorológicos de la Royal Society en Somerset House, y concluyendo que "Las anomalías en temperatura de la ciudad son provocadas por la creciente mancha urbana y el consumo de grandes cantidades de combustibles fósiles."

Los estudios de climatología urbana iniciaron en México a finales del siglo XIX por los climatólogos Moreno y Arda, quienes advirtieron por primera vez que el aire de la Ciudad de México era más tibio que el de un sitio rural cercano.



PlanTEAMIENTO del Problema

El desarrollo y crecimiento urbano se presenta en todo el mundo. Según datos de las naciones unidas.

- 1960 más del 30%, 900 M de 3,000 M
- 2014 más del 54%, 4,000 M de 7,300 M
- 2030 más del 66%, 6,500 M de 9,700 M

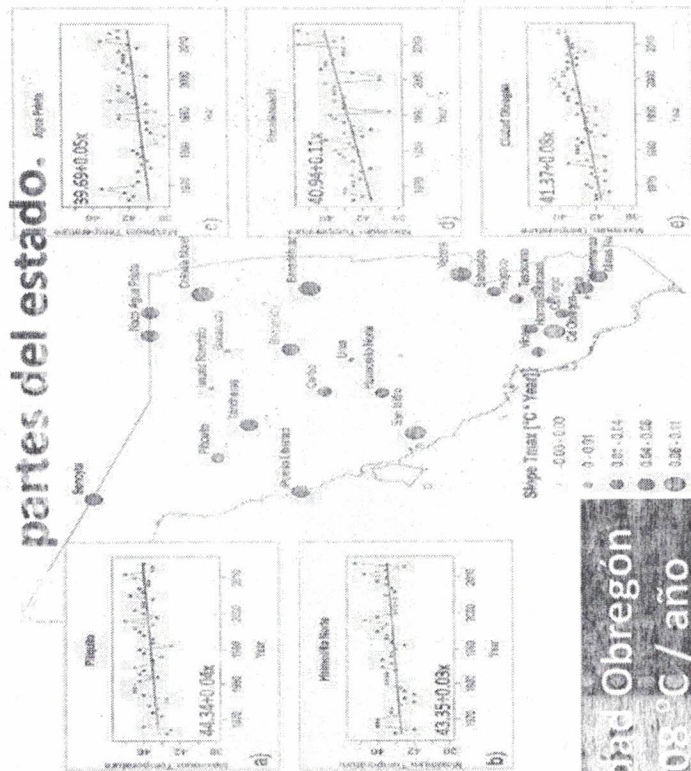
En consecuencia, en las últimas décadas el cambio climático ha meshado un incremento acelerado de la temperatura global.

Las olas de calor pueden intensificar el clima caluroso extremo, lo cual puede causar problemas respiratorios, insolación, además de provocar enfermedades o incluso la muerte, especialmente en personas vulnerables como adultos mayores, niños y personas que realizan trabajos al aire libre.

La diferencia en temperatura entre los suelos urbanizados y aquellos que no han sido perturbados puede alcanzar un rango entre 2 y 8°C.



Tendencias Observadas en diferentes partes del estado.



Obregón
7.2010: °C/año

| IV GOVERNANCE | Government effectiveness | Regulatory quality | Rule of law | Control of corruption |
|---------------|--------------------------|--------------------|-------------|-----------------------|
| | 22 | 23 | 24 | |

Justificación

Los estudios sobre el efecto de isla de calor en Latinoamérica son escasos, en especial en zonas semiáridas y áridas.

Navarro realizó un estudio en Sonora, México, utilizando 27 estaciones climáticas con datos históricos de temperatura del aire. Concluyó que existe una tendencia en aumento de temperatura en Sonora.

Por este motivo es vital importancia caracterizar y evaluar el efecto de isla de calor en las zonas urbanas áridas y semiáridas del país con el objetivo establecer zonas de riesgo a la salud, zonas de infraestructura verde y proponer el diseño de políticas públicas sustentables.

Actualmente, la evaluación de la variación espacio-temporal del efecto de ICU representará uno de los 24 indicadores necesarios del método conocido como City Blueprint Approach (CBA), una herramienta de diagnóstico para evaluar la sostenibilidad del ciclo urbano del agua.

Objetivo general

Evaluar la presencia, magnitud, extensión espacial y la penetración temporal del calentamiento por isla de calor urbano en Ciudad Obregón, Sonora, mediante el empleo de imágenes termales del satélite Landsat 8 durante el periodo comprendido entre los años 2013 a 2021.

Objetivos específicos

- Evaluar la temperatura superficial (LST), el índice de vegetación (NDVI) y el índice de edificación (NDBI) mediante el empleo de datos espectrales del satélite Landsat 8.
- Realizar análisis de persistencia en el espacio y tiempo del efecto isla de calor urbano.
- Determinar la relación de temperatura superficial y temperatura aire.
- Identificar zonas de riesgo térmico dentro del casco urbano.

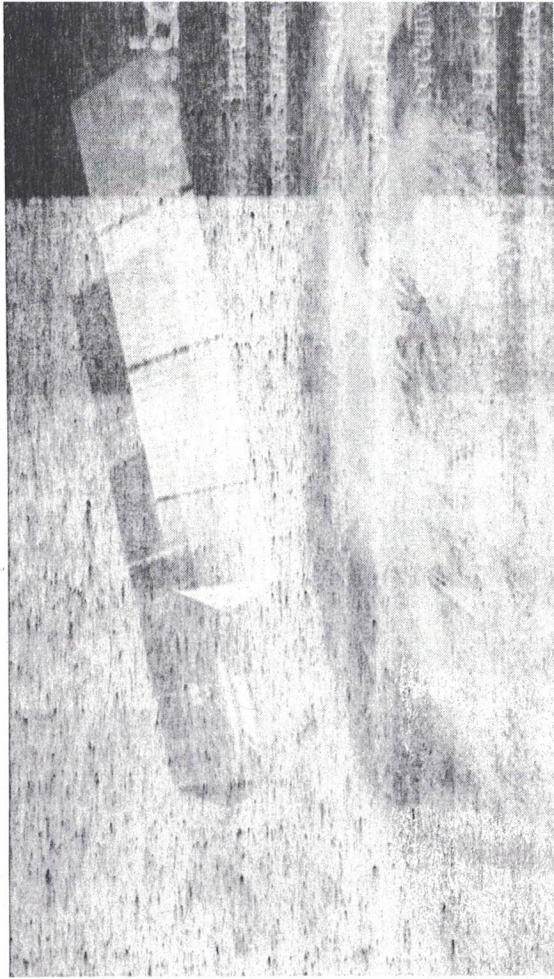
Sitio de estudio

El estudio se realizó dentro del área urbana de Ciudad Obregón, incluyendo las colonias de Esperanza, Cocorit y Progreso ubicadas en la periferia de la mancha urbana de esta ciudad.

La temperatura anual es de 25°C (periodo 1961-2018) donde las máximas anuales suelen variar de entre 33 y 46°C mientras que las mínimas anuales se encuentran entre 5 y 22°C, rara vez se encuentra por debajo de 5°C.

Entre sus actividades productivas destacan la agricultura, industria, ganadería, comercio, acuicultura y turismo, siendo la agricultura la principal rama económica. Aunque se ha diversificado la producción con industrias de proceso de alimentos y la maquila.





Landsat 8

Landsat 8 es un satélite de observación de la tierra construido, lanzado y operado en la colaboración de la NASA con el USGS.

Uno de los sensores de Landsat es el Operational Land Imager (OLI), usa 9 bandas en el espectro de la luz visible y el infrarrojo cercano.

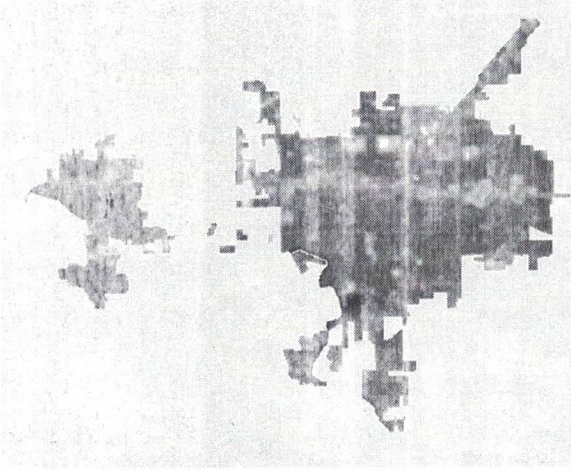
El segundo sensor es Thermal infraRed Sensor (TIRS), usa 2 bandas (10 y 11) opera en el rango infrarrojo térmico de onda larga.

| Bandas de Landsat 8 | Rango Longitud de Onda (μm) | Resolución espacial (m) | Análisis Realizado | Observaciones |
|---------------------|--|-------------------------|--------------------|---------------|
| 4 | 0.64-0.67 | 30 | NDVI | RED |
| 5 | 0.85-0.88 | 30 | NDVI Y NDBI | NIR |
| 6 | 1.57-1.65 | 30 | NDBI | SWIR1 |
| 10 | 10.6-11.19 | 100 | LST | TIR1 |

Landsat 8

| | |
|-------------|-----|
| Descargadas | 156 |
| Aceptadas | 122 |
| Rechazadas | 74 |

Landsat orbita la tierra en orbitas geoctrnicas, cada lugar del planeta posee una ubicacion geografica con respecto a la trayectoria del satelite denominadas "Path" y "Row",





Estimación de temperatura superficial (LST)

Temperatura de la superficie terrestre (LST)

Parte superior de la atmosfera radiación espectral (TOA)

$$L\lambda = ML * Qcal + AL - O\lambda \quad (1)$$

Conversión de TOA a Temperatura de brillo

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right) + 1} - 273.15 \quad (2)$$

Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3)$$

Proporción de vegetación (Pv)

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (4)$$

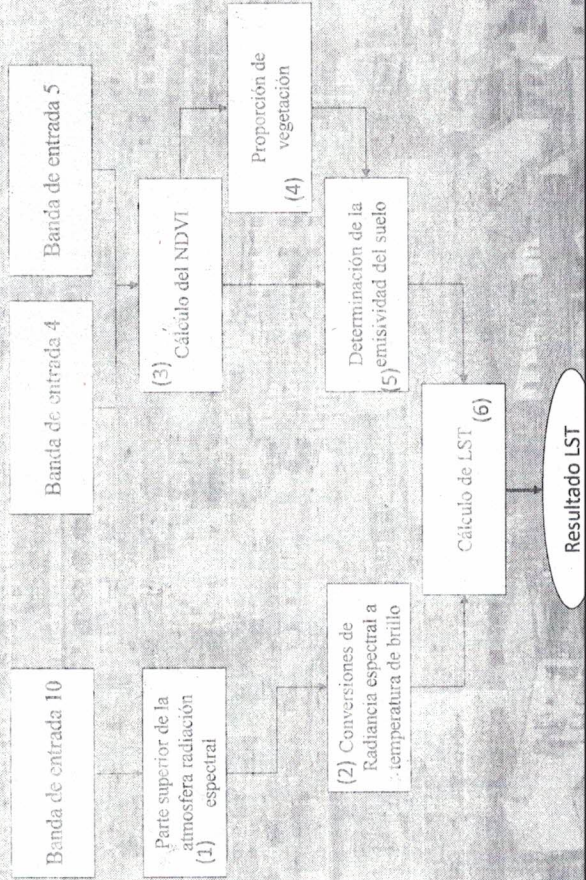
Emisividad de la superficie terrestre

$$\epsilon\lambda = \epsilon V\lambda Pv + \epsilon s\lambda (1 - Pv) + C\lambda \quad (5)$$

Temperatura de la superficie terrestre

$$T_s = \frac{BT}{\epsilon\lambda} - \left(\frac{273.15}{\epsilon\lambda} \right) \ln(\epsilon\lambda) \quad (6)$$

| Escala de las imágenes del satélite | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------|--|
| K2 | Constante térmica, banda 10 | 777.89 | |
| K2 | Constante térmica, banda 10 | 1321.078 | |
| ML | Factor de escala, Banda 10 | 0.003342 | |
| AL | Factor de escala, Banda 10 | 0.1 | |
| | Significación, Banda 10 | 0.29 | |





Índice de edificación de ArcGIS diferencio normalizada (NDBI)

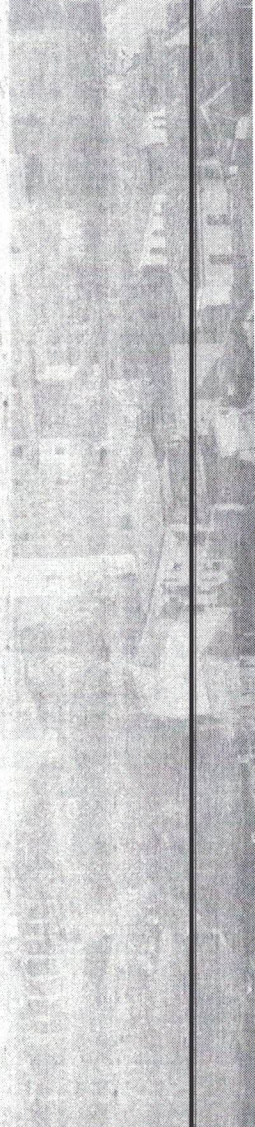
Muestra la intensidad de la impermeabilidad utilizando datos de satélite. Destaca la distribución de las áreas urbanas donde normalmente hay una mayor reflectancia en la banda infrarroja de onda corta en comparación con la banda del infrarrojo cercano.

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

$$NDBI = \frac{\text{Banda6} - \text{Banda5}}{\text{Banda6} + \text{Banda5}}$$

Bandas SWIR y NIR de los satélites que se pueden encontrar en esri.com.

Dado que NDBI es un índice de reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.





ArcGIS

SANA ESTRÉS

REFLECTANCIA DE LA VEGETACIÓN

| IR% IRc | 3% R0.10 | 41% IRc | 30% R0.10 |
|--|-------------|----------------|---------------|
| 1 - 0 | 0 - 0.33 | 0.33 - 0.66 | 0.66 - 1 |
| BIEN ESTACIONADO OBJETO EN SU MEDIO | PLANTA SANA | PLANTA ENFERMA | PLANTA MUERTA |



NDVI = 0.72

NDVI = 0.14



Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un simple indicador de la biomasa fotosintéticamente activa o en términos simples, un valor de la salud de la vegetación.

El NDVI funciona comparando directamente la cantidad de luz roja visible absorbida y la luz infrarroja cercana reflejada.

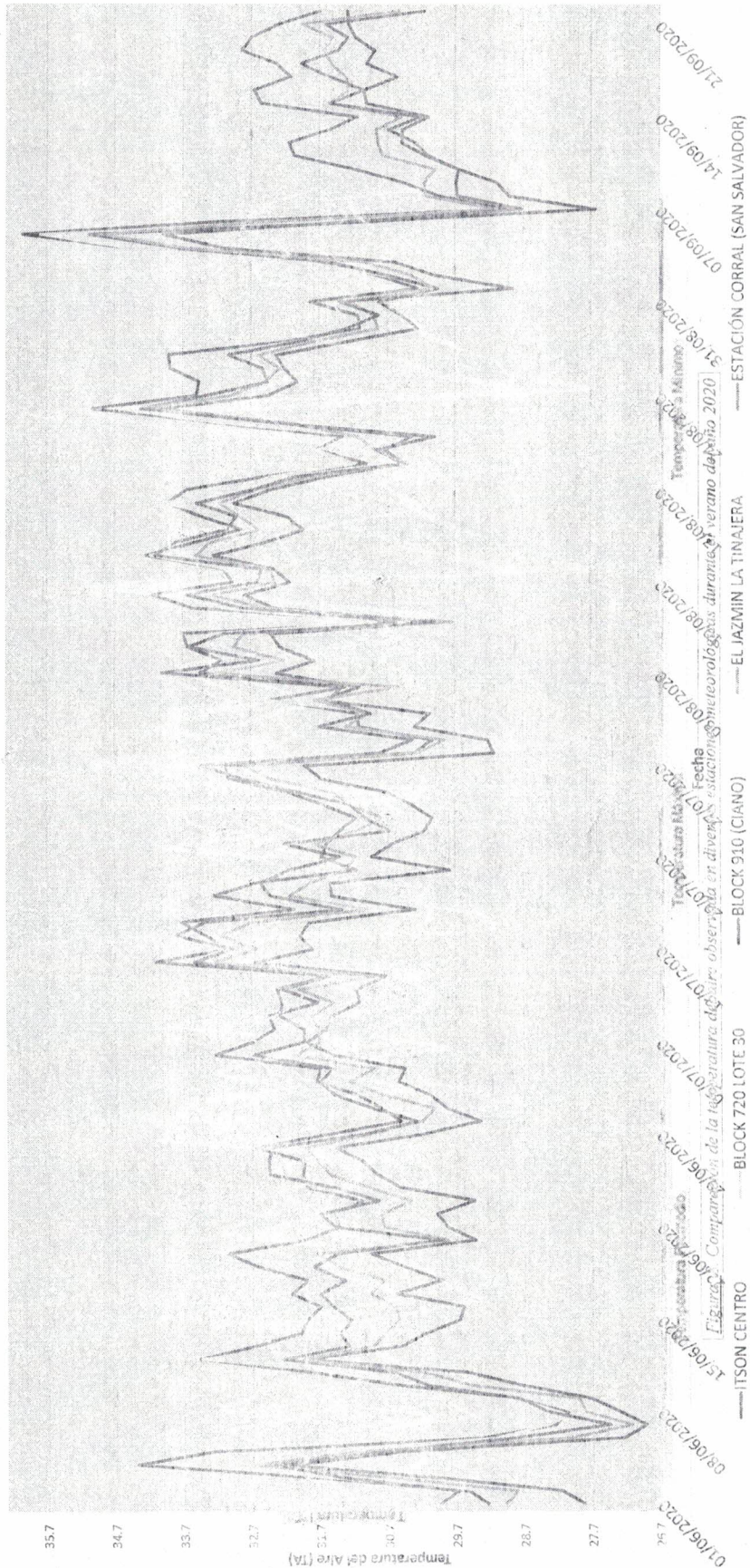
El resultado de la ley de la diferencia normalizada es el índice de la mayor parte de la luz roja visible mientras que la luz roja visible de una planta es la mayor parte de la luz del infrarrojo cercano. Esto significa que una alta reflectancia (fotosíntesis) comúnmente significa una alta vegetación densa, tendrá menos reflectancia en la longitud de onda reflejada en el infrarrojo cercano.

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

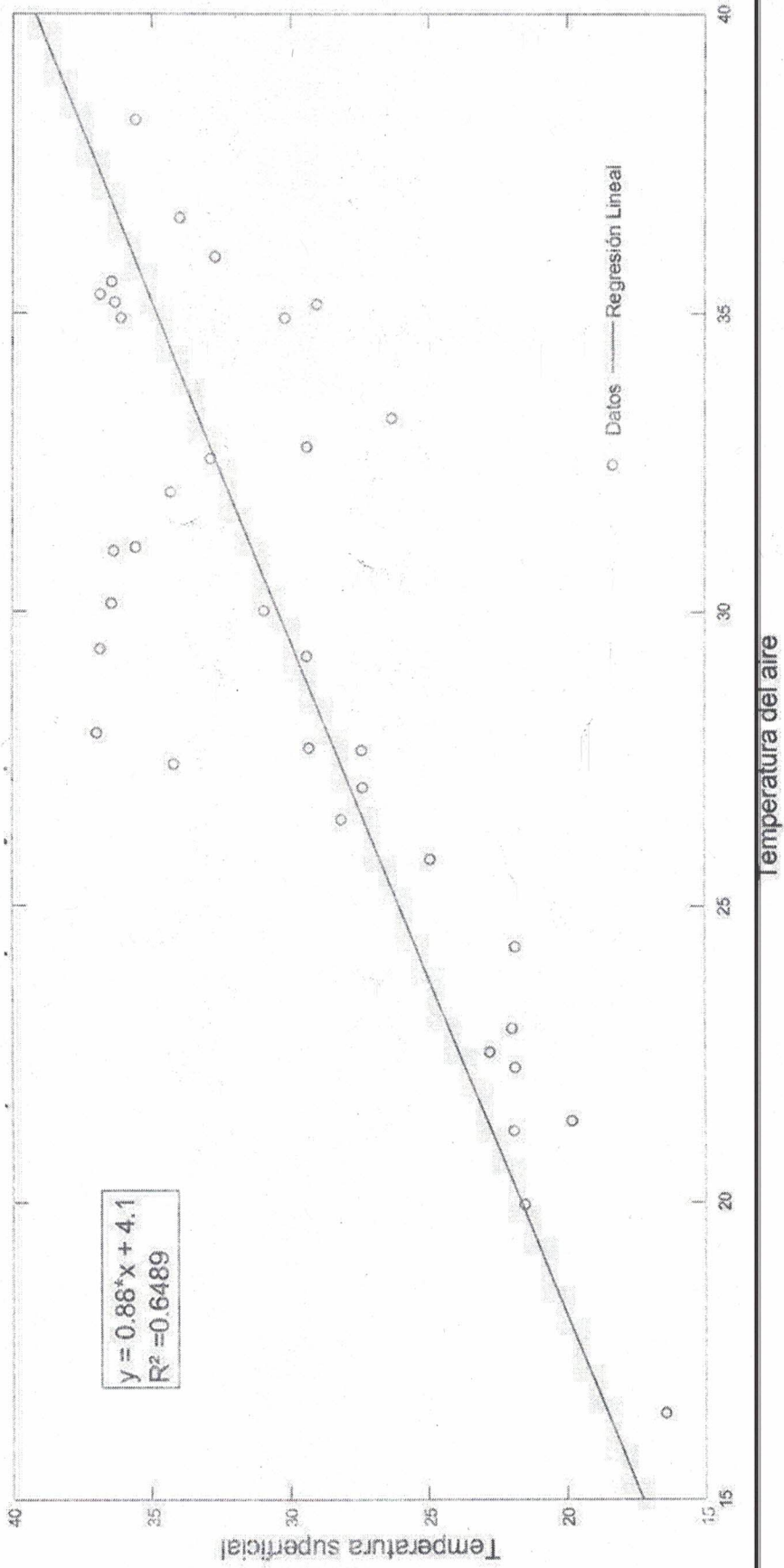
$$NDVI = \frac{Banda5 - Banda4}{Banda5 + Banda4}$$

NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) donde NIR es la banda infrarrojo cercano y RED es la banda roja del espectro visible.

Temperatura del aire de estaciones meteorológicas en verano 2020



Relación entre temperatura superficial terrestre (LST) y temperatura del aire (TA) de la estación ITSON Náinari



Distribución espacial de LST, NDVI y NDBI en el área urbana de Ciudad Obregón

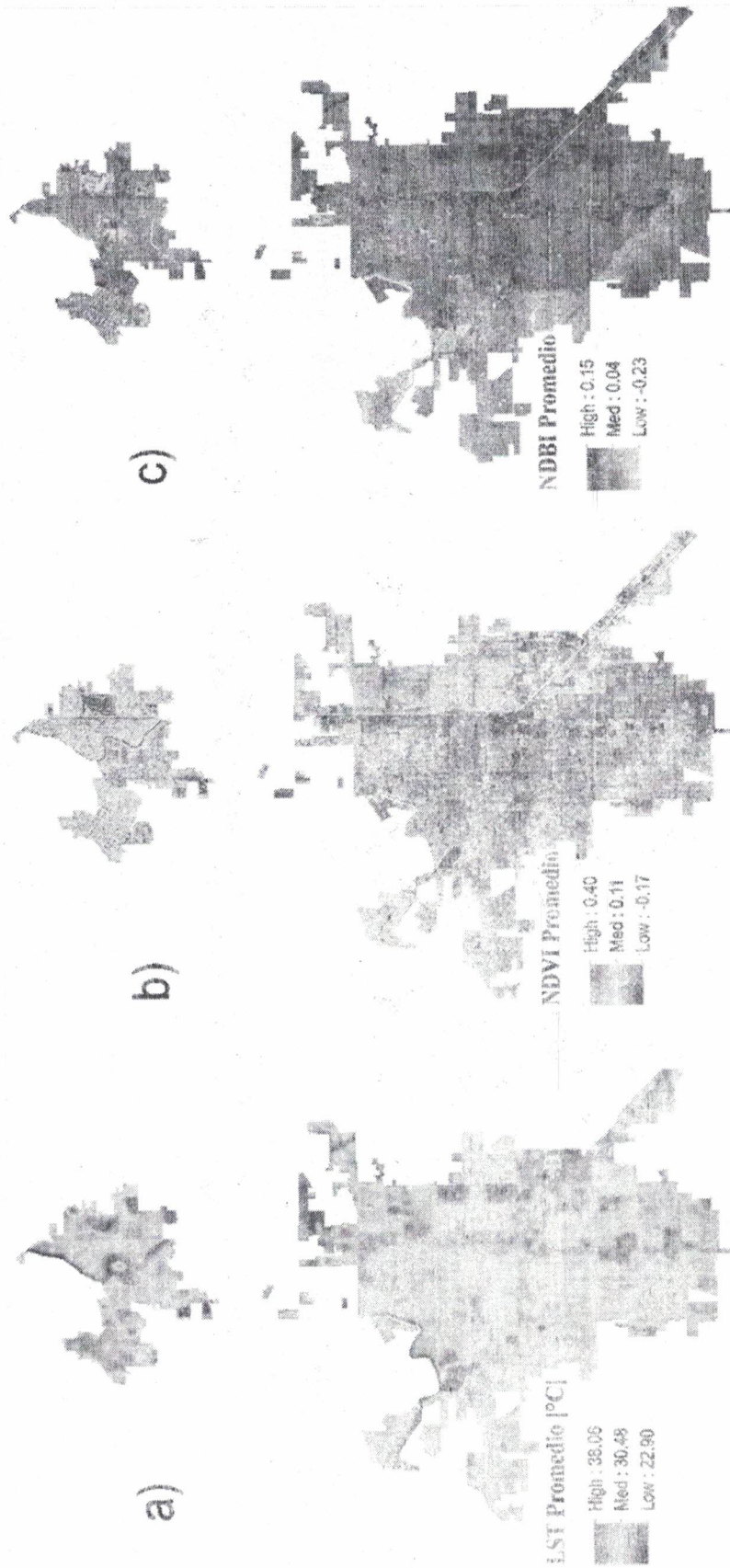


Figura. 11. Distribución espacial de LST, NDVI y NDBI obtenidas durante el periodo de estudio.

a) Promedio temporal de LST, b) Promedio Temporal de NDVI, c) Promedio temporal de NDBI.

Correlación lineal entre las distribuciones espaciales de LST, NDBI y NDVI

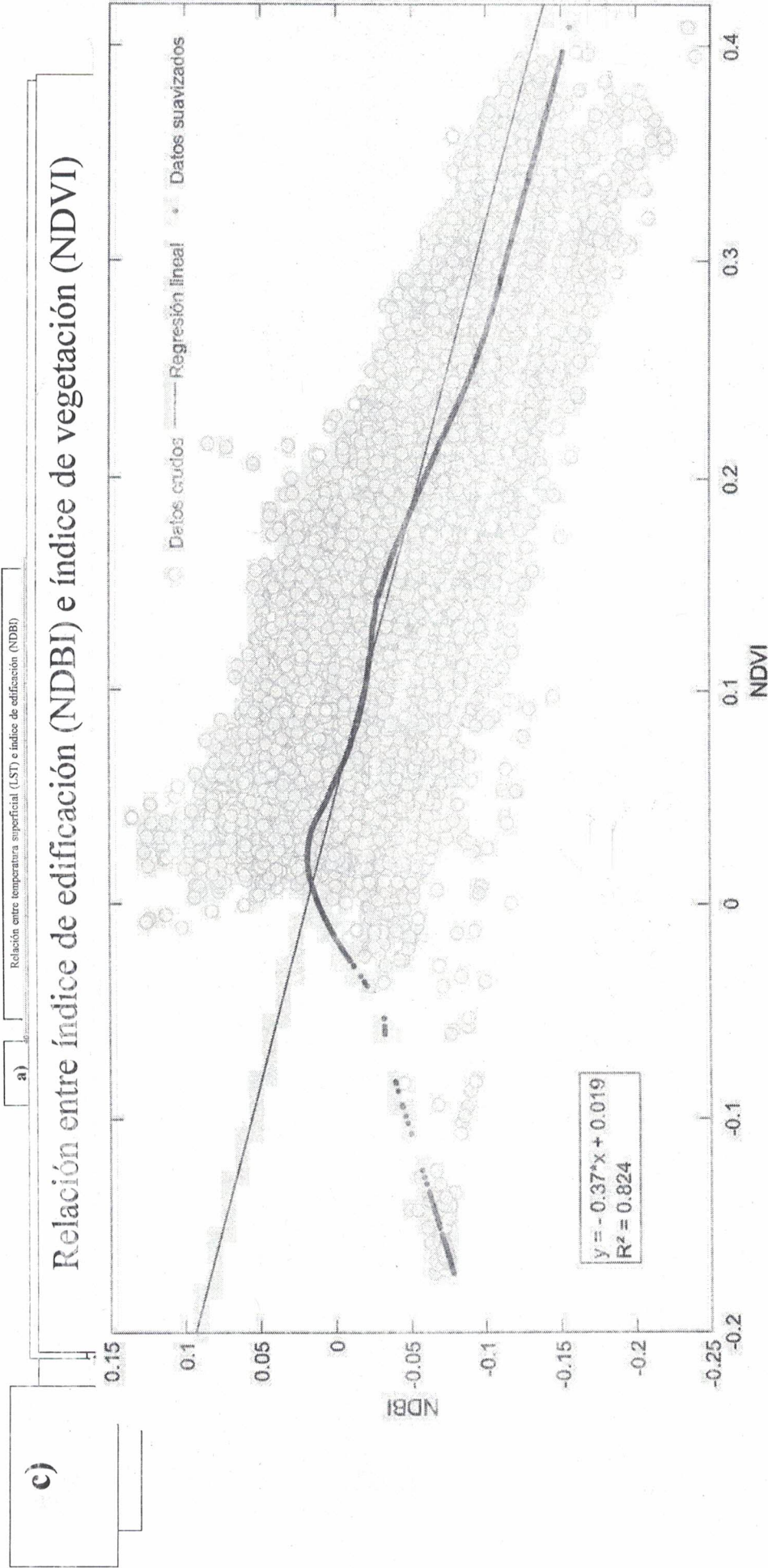


Figura 13. Relación de las distribuciones espaciales promedio del periodo de estudio de LST, NDBI y NDVI

Identificación de zonas con valores extremos de temperatura superficial promedio

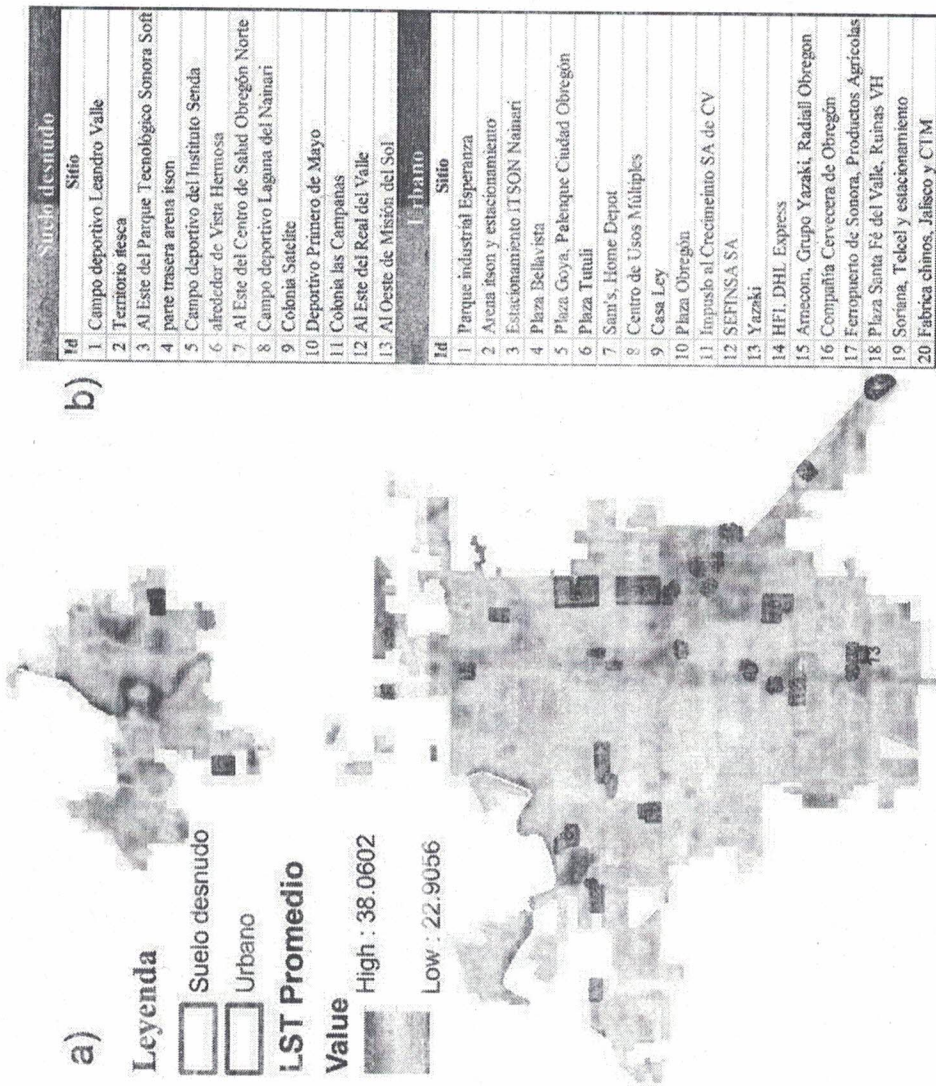


Figura. 14. Identificación de zonas con mayor temperatura promedio.

Comparación de temperatura entre dos zonas dentro de la mancha urbana

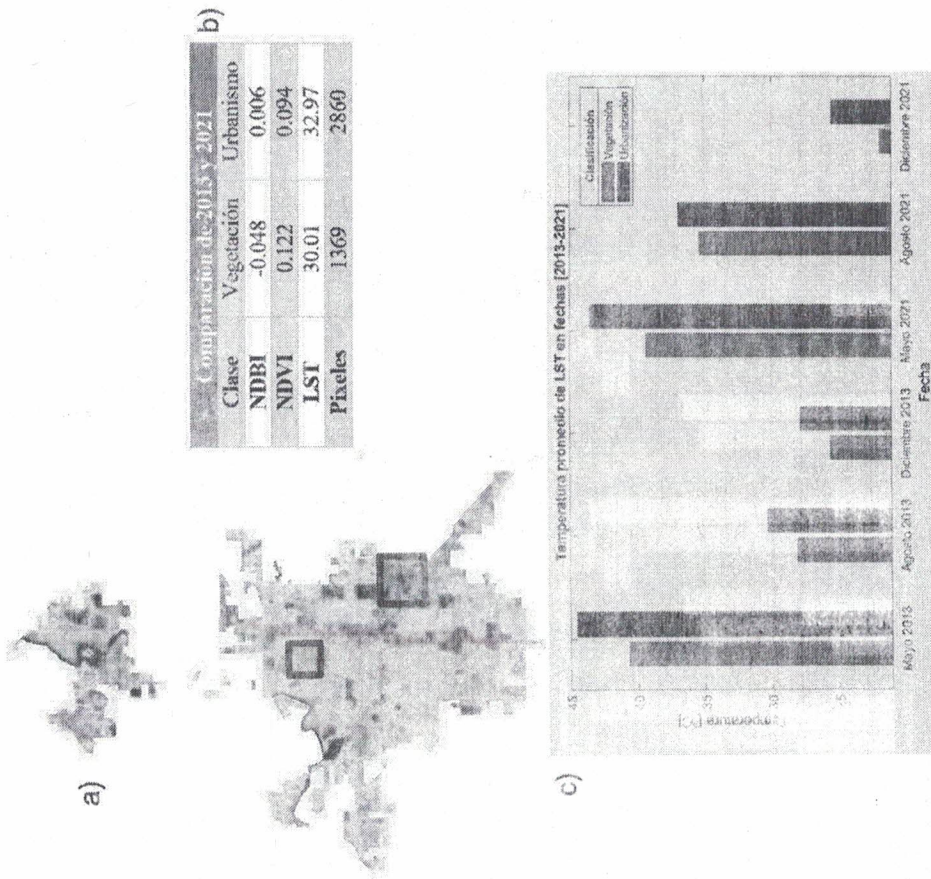
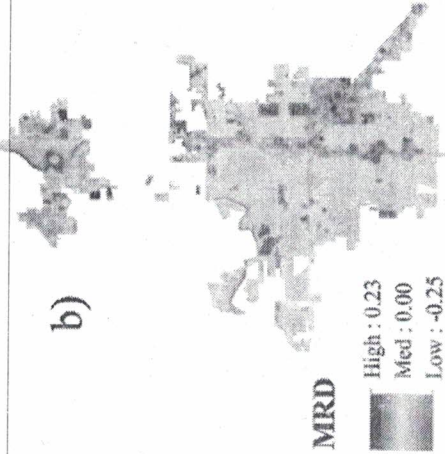
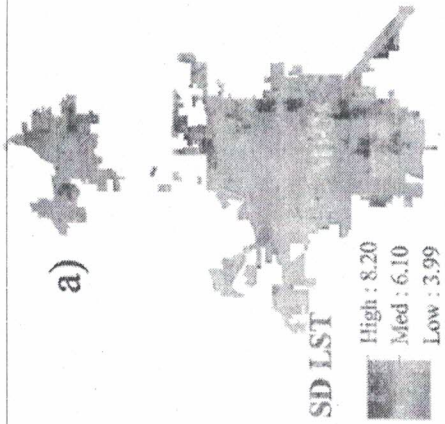


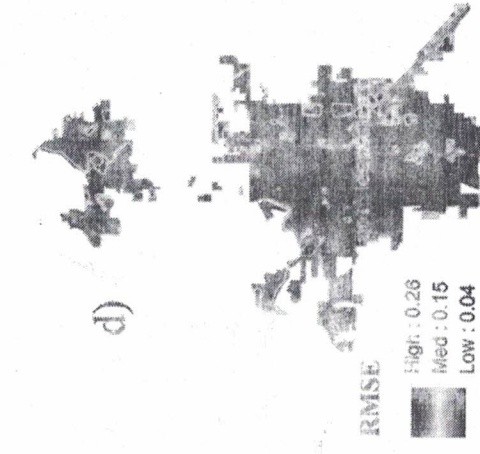
Figura 1. Comparación de la distribución espacial NDBI, NDVI y LST entre una zona fría y una zona caliente dentro de la mancha urbana

Análisis de estabilidad temporal de la temperatura de la superficie terrestre

Muestra la variabilidad de las temperaturas con respecto a la media temporal observada.



Indica que valores rastrean o siguen muy bien el promedio

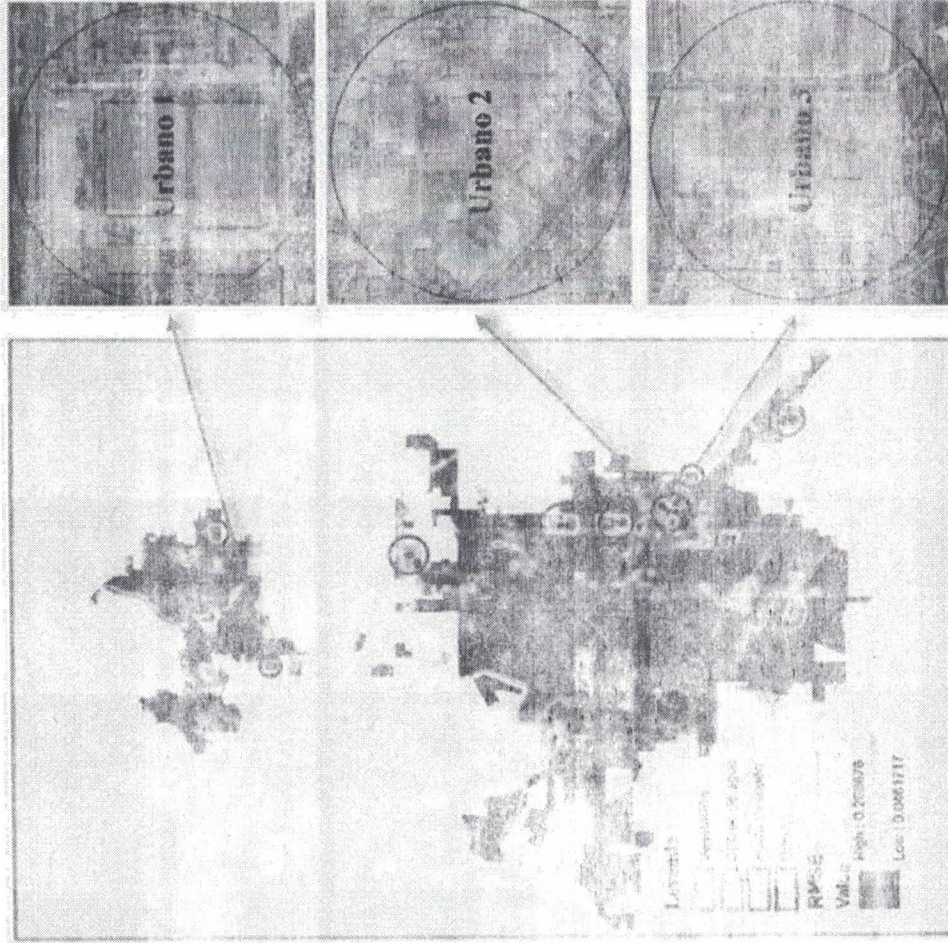


Reflejan si una ubicación cambia su relación con las condiciones medias espaciales.

Identifica patrones espaciales de LST.

Figura 16. Distribuciones espaciales a) desviación estándar temporal de LST, b) diferencia relativa media (MRD), c) varianza de la diferencia relativa (VRD), d) error cuadrático medio de la diferencia relativa (RMSE) de la temperatura.

Zonas con alto RMSE



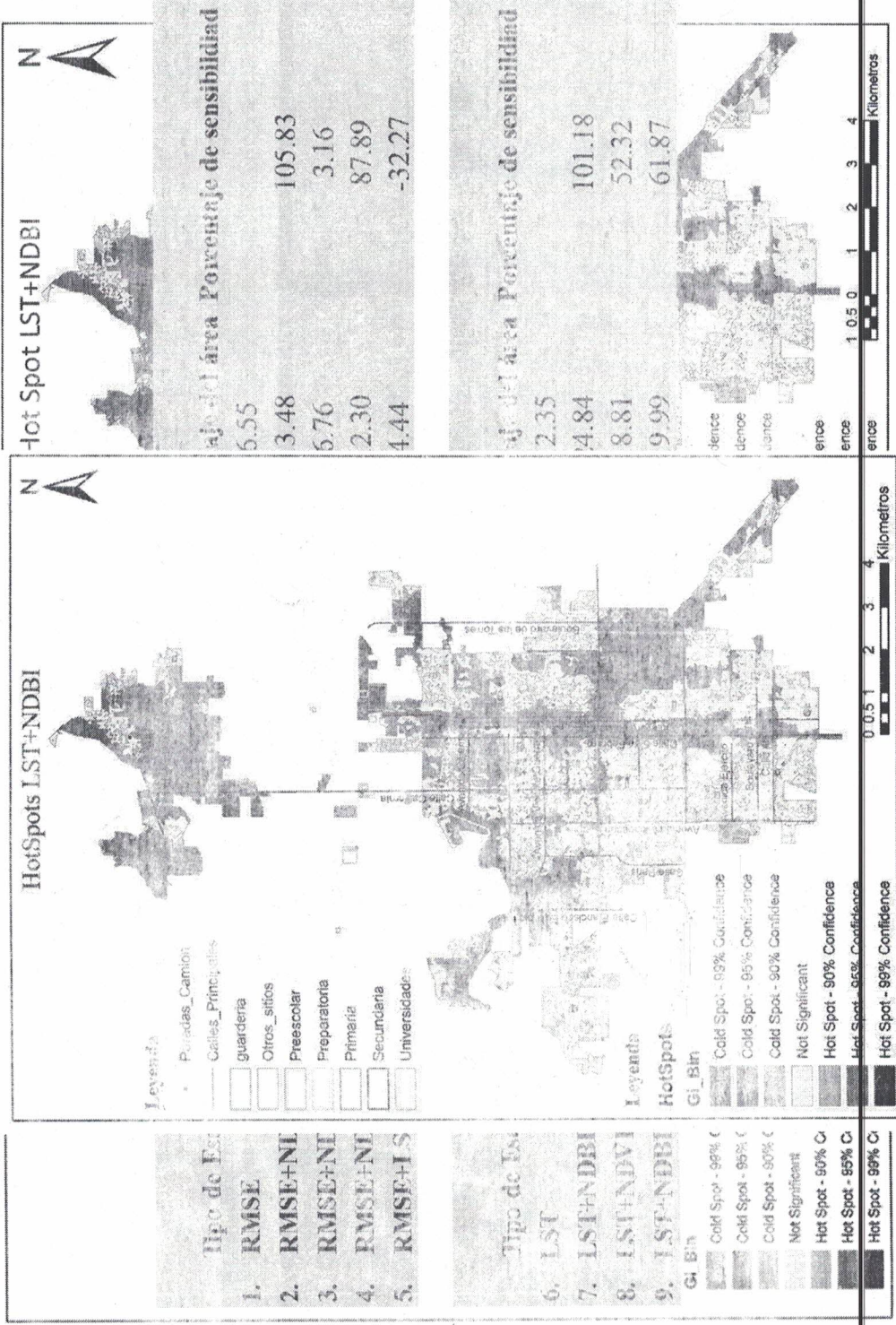
- Parque industrial del sol

- Parque industrial de ciudad obregón.
- Sefinsa, Yazaki 1y2, HFI, DHL, Radial Obregon, Amecom.

Figura. 17. Zonas con alto RMSE.

Análisis Hot Spot

Normalized: $\frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$



CONCLUSION

En este estudio fue posible estimar el efecto de isla de calor urbano ocurrido en ciudad obregón mostrando valores elevados de LST en la zona industrial y comercial. Ocurrió debido al cambio del uso del suelo y las actividades antropogénicas capaces de emitir calor.

Se concluye en primer lugar este estudio dando una mayor profundidad de análisis a cada una de las variables analizadas. Es por ello que se sugiere el uso extensivo de sensores que lleven sensores de temperatura superficial, temperatura del aire, y otras variables, para diferentes zonas de la ciudad. Lo cual puede contribuir a futuras medidas que directamente permitirán reducir la ICU.

En segundo lugar se puede observar la formación de la ICU, como se pudo evidenciar en este estudio, es un fenómeno que se produce en las zonas urbanas, especialmente en las zonas de alta densidad de edificios, donde se produce el efecto de isla de calor, por ejemplo:

• Incrementar la vegetación en zonas de riesgo.

• Promover el uso de materiales con alto albedo para las futuras modificaciones a la ciudad, tanto en pavimentos como en las cubiertas de los edificios.

**EFECTO DE ISLA DE CALOR EN LA ZONA
URBANA DE LA CIUDAD DE OBREGÓN, SONORA, MÉXICO**

Temperatura superficial terrestre, comparativa de 2018-2019-2020



Figura 12 Comparación de la distribución de LST entre los meses de primavera-verano e invierno durante los años 2018-2019-2020

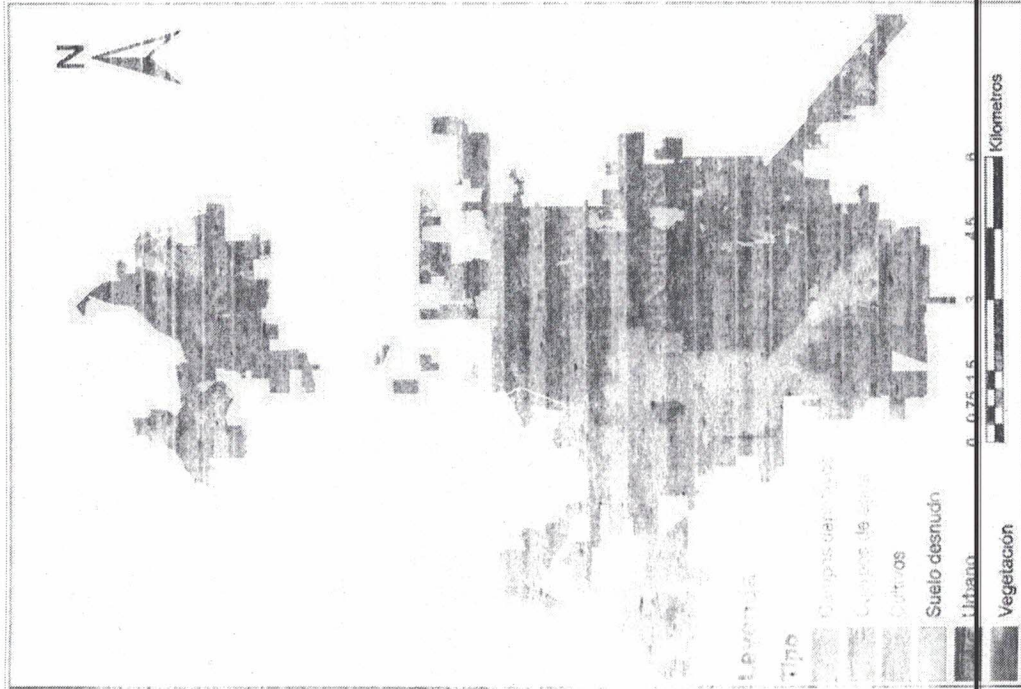
Uso de suelo

<https://esa-worldcover.org/>

| Clasificación | Matrix error | | | | | | TOTAL |
|-------------------|--------------|----------------|----------|---------------|-------------------|--------|-------|
| | Vegetación | Cuerpo de agua | Cultivos | Suelo desnudo | Campos deportivos | Urbano | |
| Vegetación | 242 | 1 | 0 | 4 | 0 | 15 | 262 |
| Cuerpo de agua | 20 | 145 | 0 | 22 | 0 | 8 | 195 |
| Cultivos | 0 | 0 | 289 | 0 | 0 | 0 | 289 |
| Suelo desnudo | 2 | 0 | 0 | 184 | 0 | 1 | 187 |
| Campos deportivos | 0 | 0 | 0 | 1 | 165 | 0 | 166 |
| Urbano | 24 | 0 | 0 | 36 | 0 | 145 | 152 |
| TOTAL | | | | | | | 552 |

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), se requiere de al menos 16 m² de áreas verdes por habitante para garantizar su bienestar. Actualmente, el área de estudio tiene una población de 380,138 y un área de vegetación de 1,909,093 m², por lo que 5 m² de áreas verdes por habitante está muy por debajo de lo recomendado por la OMS (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018).

| Áreas | m ² | Porcentaje |
|----------------------------|----------------|------------|
| Tipos del sitio de estudio | | |
| Urbano | 72,637,471.01 | 100.00% |
| Vegetación | 66,247,672.60 | 91.20% |
| Lotés Baldíos | 1,909,093.27 | 2.63% |
| Cuerpos de agua | 2,930,788.72 | 4.03% |
| Cultivos | 296,860.10 | 0.41% |
| Campos deportivos | 705,639.28 | 0.97% |
| | 547,417.03 | 0.75% |



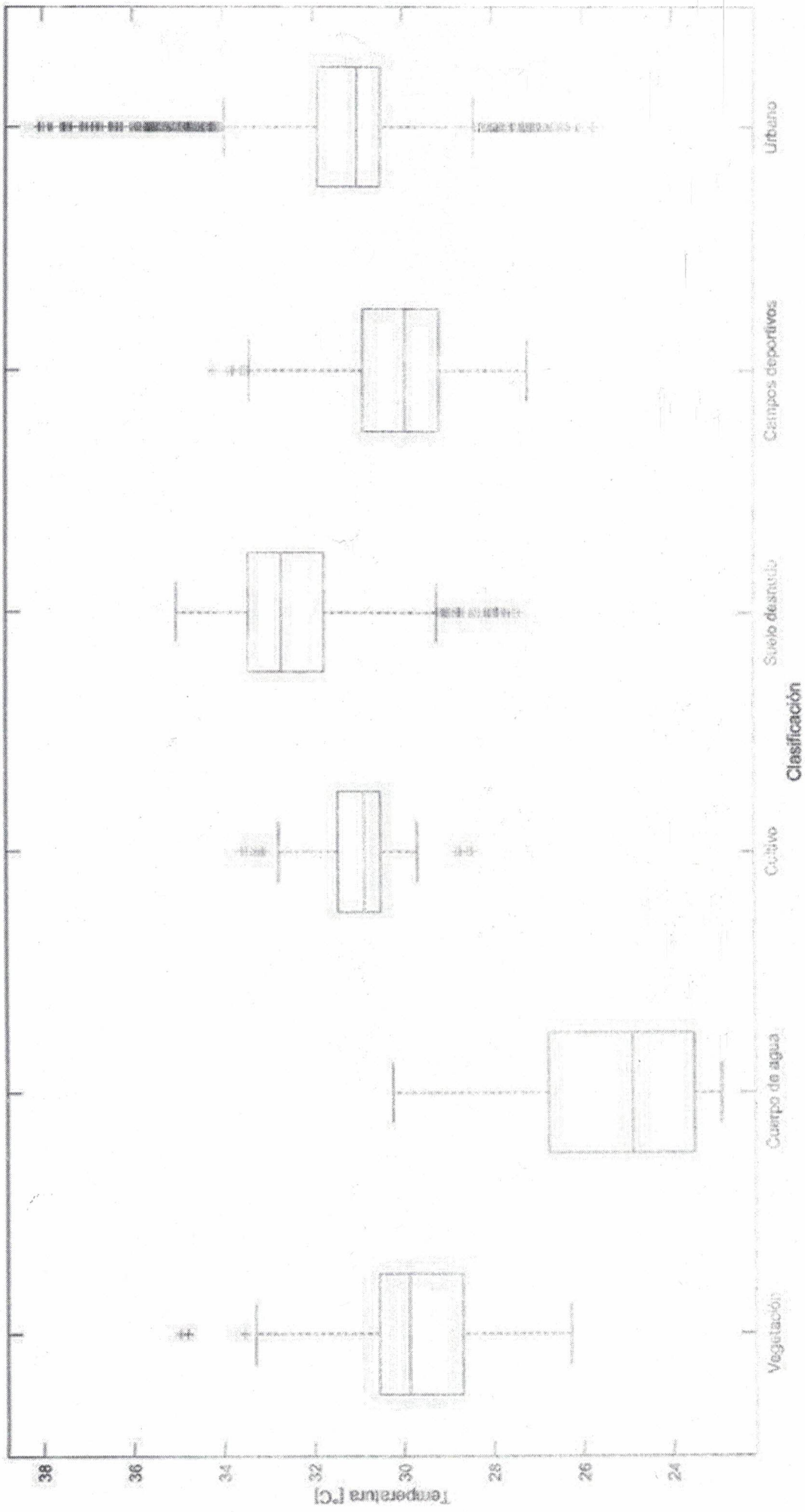


Figura 18 Diagrama de cajas de LST por tipo de uso de suelo



Análisis de persistencia en el espacio y tiempo

- n = Número de píxeles de imagen: #80717
- i = Valor de LST de cada píxel de cada imagen
- m = Número total de imágenes: #122
- j = Fecha o tiempo de adquisición de imagen
- LST_i = Son valores de cada píxel
- LST_{ij}= se refiere a los valores de píxel en diferentes momentos (m)

- Media espacial LST mean

$$LST_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n LST_i$$

- Varianza de la diferencia relativa (VRD)

$$VRD = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m \left(\frac{LST_{ij} - LST_{mean}}{LST_{mean}} - MRD \right)^2$$

Representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media

- Diferencia relativa media (MRD)

$$MRD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{LST_{ij} - LST_{mean}}{LST_{mean}}$$

Cuantifica la diferencia media en comparación con el tamaño de la media

- Error cuadrático medio de la diferencia relativa

$$RMSE = (MRD^2 + VRD^2)^{0.5}$$

Mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos.