

Manual de prácticas para el estudio de
ecosistemas a partir del marco teórico de la
ecología urbana

Rodrigo Pacheco Muñoz, Adrian Ceja Madrigal, Edgar Perez-Negrón Souza, Salvador Pérez Heredia

2021-03-18

Contents

Prólogo	5
Introducción	7
1 Tipos de ambientes desde la ecología urbana	9
1.1 Los ambientes	9
1.2 Objetivo	9
1.3 Material requerido	9
1.4 Actividad virtual	9
1.5 Caminatas virtuales	10
1.6 Cuestionario	10
2 Información Espacial y uso de software	13
2.1 Objetivo	14
2.2 Software y material requerido	14
2.3 Prácticas	17
3 Caracterización del entorno urbano 1: Cuantificación de condiciones ambientales	29
3.1 Condiciones ambientales	29
3.2 Objetivo	29
3.3 Software y material requerido	29
3.4 Práctica	30
3.5 Preguntas	34

4 Caracterización del entorno urbano 2: lo verde y lo gris	35
4.1 Indicaciones preliminares y objetivo	36
4.2 Software y material requerido	36
4.3 Práctica	42
5 Usando a las aves como bioindicadores 1: Puntos de conteo	45
5.1 Objetivo	45
5.2 Software y material requerido	46
5.3 Práctica	46
5.4 Cuestionario	47
6 Usando a las aves como bioindicadores 2: Monitoreo de aves a través de su captura por redes de niebla	49
6.1 Introducción	49
6.2 ¿Qué nos pueden decir las medidas morfométricas de los organismos a nivel poblacional?	50
6.3 Descripción del proceso de monitoreo de aves con redes.	50
6.4 Tiempos de la práctica	50

Prólogo

Introducción

Aunque las ciudades humanas fueron inventadas hace unos 10,000 años, el número y tamaño de las áreas urbanas se incrementó dramáticamente a lo largo del siglo XX, y ha continuado haciéndolo durante este nuevo siglo. Durante las primera década del siglo XXI, las áreas urbanas se convirtieron en el hábitat principal de nuestra especie, al llegar a albergar a más de la mitad de toda la población humana.

Actualmente las ciudades humanas, cubren un 4% de la superficie terrestre de nuestro planeta. Aunque esta extensión puede parecer pequeña comparada con la que ocupan otros ecosistemas, el efecto que tienen las ciudades en los procesos ecológicos, se extiende más allá de sus límites territoriales. Esto se debe a que los habitantes urbanos utilizan recursos, tanto locales, como regionales y globales. De este modo las ciudades han sido consideradas funcionalmente como “hoyos negros” que consumen grandes cantidades de recursos que son producidos a escalas geográficas enormes.

Los efectos ambientales de las ciudades son aún mayores, si consideramos que las actividades humanas que ocurren dentro de ellas producen una gran cantidad de contaminantes. Estos contaminantes afectan al suelo y a los organismos localmente, al mismo tiempo que tienen efectos locales, regionales y globales al expandirse por el aire y el agua. Por ejemplo, la contaminación atmosférica generada en áreas urbanas representa un 80% de la producción total de gases de efecto invernadero asociados al cambio climático. Esto, y la presión de cambio de uso de suelo que generan, hace de las ciudades elementos cruciales que debemos entender y manejar adecuadamente si queremos controlar los procesos de cambio global que enfrentamos actualmente.

De este modo, la ecología urbana es una rama de la ecología que nace buscando entender tanto el papel que la urbanización tiene sobre los diversos ecosistemas y organismos a los que afecta, como los procesos ecosistémicos propios de este sistema ecológico creado por nuestra especie. Mirar a las ciudades como un ecosistema, con dinámicas y procesos únicos, y no como una forma más en que los humanos perturbamos a los sistemas naturales, es crucial para poder empezar a construir ciudades sustentables que puedan ayudar a nuestra especie a sobrevivir la actual crisis ambiental. De este modo, la ecología urbana

es un ciencia indispensable para la supervivencia humana.

Este manual presenta varias prácticas que permitirán a estudiantes y profesores estudiar la complejidad del ecosistema urbano, funcionando al mismo tiempo como una herramienta para llevar a cabo estudios de ecología dentro de zonas urbanas. Por lo tanto pueden ser utilizadas tanto en la materia de ecología urbana, como en otras asignaturas del área biológica-ambiental como ecología, ecología de poblaciones, ecología del paisaje, ecología de fauna silvestre, y ornitología, por nombrar algunas. Es importante considerar que la mayor parte de las carreras universitarias se imparten dentro de áreas urbanas, por lo cual este manual ofrece la oportunidad de que los estudiantes lleven a cabo actividades prácticas dentro del área urbana donde viven.

Los autores de este manual consideramos que las áreas urbanas tienen un gran potencial para que estudiantes y profesores de diferentes carreras busquen familiarizarse con las técnicas y métodos más comunes para evaluar ambientes naturales. La complejidad de las ciudades en términos de su diversidad de componentes estructurales, biodiversidad y procesos socioculturales, nos oferta una oportunidad única para aprender sobre como hacer ciencia tanto disciplinaria como inter, multi y transdisciplinaria. Esperamos que estas prácticas sean un punto de partida para la formación de recursos humanos dentro de ciudades, generando interés sobre el campo de la ecología urbana, y llevando a estudiantes de licenciatura y posgrado a buscar soluciones a la problemática ambiental ligada a los ambientes urbanos.

Chapter 1

Tipos de ambientes desde la ecología urbana

1.1 Los ambientes

1.2 Objetivo

1. Identificar las características ambientales que contrastan entre los ambientes urbanos, ambientes productivos y ambientes silvestres.

1.3 Material requerido

- Un ordenador con conexión a internet.
- Audífonos (opcional)

1.4 Actividad virtual

Realiza tres caminatas virtuales utilizando tres videos de *YouTube* que se proporcionarán en la siguiente sección. Utiliza lo que observas y escuchas en cada video para determinar las diferencias que existen entre los tres tipos de ambientes que estás observando. Posteriormente llena el cuestionario y discútelo con tu profesores y compañeros.

1.5 Caminatas virtuales

Para fines de esta práctica solo se requiere que observes los videos en los intervalos determinados que se indican para cada uno. Antes de realizar las caminatas revisa la sección de preguntas.

1.5.1 Videos

Has click en sus nombres para acceder a ellos:

1. Parque Nacional Redwoods: Observa los primeros 10 minutos.
2. Campiña inglesa: Observa del minuto 20 al minuto 30 del video.
3. Centro de la CDMX: Observa los primeros 10 minutos.

1.6 Cuestionario

1.6.0.1 Primera parte

1. Realiza una breve descripción del ambiente que se muestra en cada vídeo. Incluye a los elementos físicos del ambiente (*¿Qué elementos artificiales o naturales hay y cuales son sus características?*), a las condiciones ambientales que puedes interpretar (*¿Qué escuchas o percibes?*), y a los organismos que consideras que dominan en cada ambiente (tanto vegetales como animales).
2. Menciona brevemente algunas de las principales actividades humanas que se realizan o que se pueden realizar en cada ambiente.
 - Caminata bosque:
 - Caminata campiña rural:
 - Caminata urbana:
3. Compara los tres ambientes indicando que comparten y en que son distintos.
 - Cosas que comparten:
 - Características únicas de cada ambiente:
4. Utiliza tus apuntes sobre la caminata, para generar tus propias definiciones de los tres tipos de ambientes:
 - Ambientes naturales:

- Ambientes productivos:
 - Ambientes urbanos:
5. Discute y compara tus respuestas con tus compañeros y profesores.

12CHAPTER 1. TIPOS DE AMBIENTES DESDE LA ECOLOGÍA URBANA

Chapter 2

Información Espacial y uso de software

El área de estudio y la ubicación de los sitios para la toma de muestras tiene una relevancia crucial en las investigaciones ecológicas y ambientales. Ya sea que se quieran evaluar parches fragmentados de vegetación natural de una región, parcelas productivas de sistemas agrícolas o áreas urbanas, la limitación espacial puede jugar un papel en los resultados que podamos encontrar. Una de las características de las áreas urbanas es un heterogeneidad espacial. La matriz urbana cuenta con una gran diversidad en los tipos de áreas verdes que podemos encontrar como parques, camellones, jardines, jardineras, áreas naturales remanentes o techos verdes, entre otros. Fuera de los espacios verdes, las áreas urbanizadas o áreas grises también pueden contrastar entre si por sus actividades económicas principales, el tipo de calles, los distintos edificios que las constituyen, la intensidad de la actividad humana y también por la presencia e identidad de los elementos verdes que pueden ocurrir. Es posible que nuestro estudio pretenda evaluar únicamente a las áreas verdes o un solo a un tipo de área verde. También podemos pretender evaluar únicamente áreas grises o evaluar toda la matriz urbana. En cualquier caso es fundamental considerar la escala a la que se pretenda trabajar y delimitar las áreas de interés con el propósito de entender su similitud o sus contrastes. Es importante considerar que en estudios de ecología urbana el acceso a algunos sitios estará restringido por diversas causas. Antes de visitar los sitios de muestreo para llevar a cabo el estudio es recomendable una evaluarlos con antelación para confirmar la accesibilidad y la seguridad del los sitios. Recuerda que tu bienestar es lo más importante. En este capítulo aprenderemos a generar información espacial útil para estudios ecológicos o ambientales utilizando software de acceso libre, que será útil para llevar a cabo algunas de las prácticas con las cuenta este manual.

2.1 Objetivo

1. Delimitar un área de estudio por medio de un polígono vectorial.
2. Dividir el área de estudio por medio de una gradilla definida sobre un polígono vectorial.
3. Despliegue de puntos de muestreo con base en una gradilla definida de un polígono vectorial.
4. Despliegue de una gradilla a nivel local con un solo punto espacial.

2.2 Software y material requerido

- Un ordenador con conexión a internet y con los siguientes programas instalados:
 - El sistema de Información geográfica (SIG) QGIS instalado.
 - El lenguaje de programación R y la versión de escritorio del entorno de desarrollo integrado RStudio

2.2.1 QGIS

Para visualizar el área de interés utilizaremos las imágenes satelitales que ofrecen diversos servicios de mapas como Google Maps y Bing. Para ello requerimos instalar un *plugin* dentro del software QGIS. Para instalarlo sigue las siguientes instrucciones: 1. Abre el programa QGIS. 2. En la barra de herramientas superior selecciona la pestaña **Plugins** y da click en **Manage and install plugins**. Luego de una breve carga se mostrará una nueva ventana. 3. En la parte superior de la nueva ventana se ubica un buscador. Ahí buscarás el *plugin*: **QuickMapServices**. 4. En la lista y selecciona **QuickMapServices**. Se desplegará información en el panel derecho sobre las características del *plugin*. 5. En la esquina inferior derecha da click en el botón **Install plugin**. Se iniciará el proceso de descarga. Permite que se complete. 7. Haz instalado el plugin. Este se puede observar en el menú superior, en la pestaña **Web**. 8. Puedes iniciar en el botón del ícono de hoja en blanco en la esquina superior derecha o haciendo click en la **barra de herramientas** en **Project -> New**.

2.2.2 R y Rstudio

Este manual no contiene material para el aprendizaje formal del lenguaje R. Este manual pretende el uso de código simple para realizar tareas, que contiene permitan a cualquiera familiarizarse con él. No es necesario que tengas conocimientos previos y confiamos en que las instrucciones sean suficientes para completar las prácticas con éxito.

RStudio utiliza la instalación de R para funcionar. En este manual de prácticas solo será necesario interactuar con RStudio. En Rstudio puedes configurar la apariencia. No te preocunes si el color de la interfaz de los ejemplos luce ligeramente distinta a la tuya.

La interfaz de Rstudio se compone de cuatro paneles. Es posible que al abrirlo solo veamos tres paneles como se muestran en la figura 2.1. Si es el caso, el panel faltante es el *script* donde escribiremos el código. Este puede abrirse con el botón que se encuentra en el panel superior izquierdo, que se identifica por un signo positivo verde. En el menú de ese botón selecciona **R script** como se muestra en la figura 2.2.

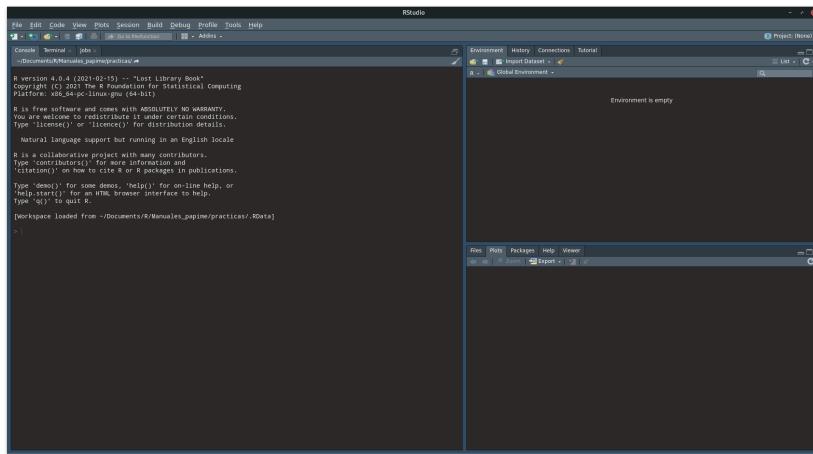


Figure 2.1: Interfaz de Rstudio con 3 paneles.

La interfaz de RStudio estandar se compone de cuatro paneles como se muestra en la figura 2.3. En el panel superior izquierdo se encuentra el editor, donde se edita el código de R y también se ejecuta de forma indirecta; el panel inferior izquierdo es la consola, donde se ejecuta el código de forma directa; el panel superior derecho pertenece al entorno de variables, donde podemos observar los objetos que iremos declarando. El panel inferior izquierdo es el de las utilidades, donde podemos observar las gráficas que iremos generando, los archivos del área de trabajo, la información auxiliar y los paquetes.

A lo largo de este manual instalaremos algunos paquetes de R. Su instalación la indicaremos cuando sea pertinente. En este capítulo instalaremos los primeros dos paquetes que utilizaremos en este manual: el paquete **sf** para el manejo de información espacial y el paquete **tidyverse**, que contiene una serie de paquetes que facilitan el manejo de la información. Ejecuta el siguiente código en R para su instalación:

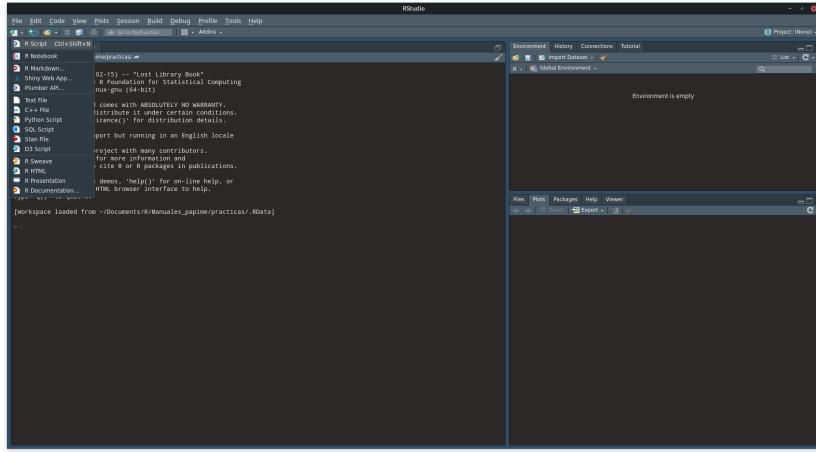


Figure 2.2: Interfaz de Rstudio que muestra el menú para generar el script de R.

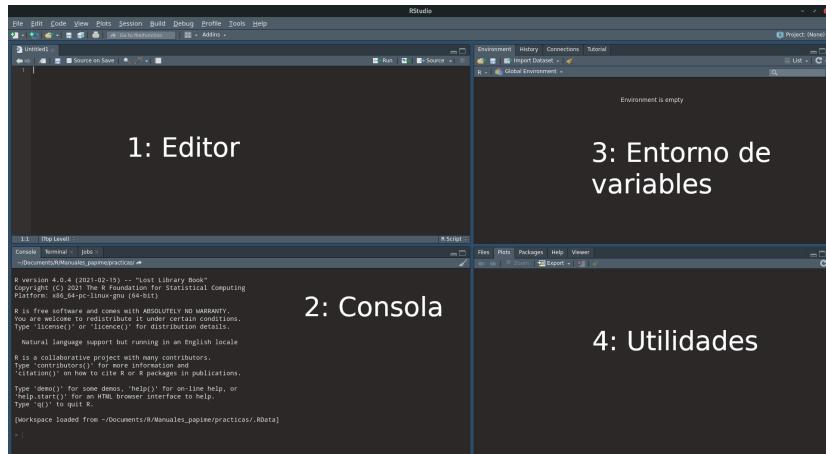


Figure 2.3: Interfaz de Rstudio que muestra los cuatro páneles estandar.

```
install.packages("sf")
install.packages("tidyverse")
```

2.3 Prácticas

2.3.1 Delimitar un área de estudio por medio de un polígono vectorial

En este ejemplo delimitaremos el área urbana del poblado de Tenencia Morelos, Michoacán (19.644979, -101.236746), que se encuente al frente del campus UNAM, Morelia. Para delimitar nuestra área de estudio utilizaremos el SIG *QGIS* e iniciaremos un nuevo proyecto. Inicialo dando click en el menú **Project** → **New**. Este menú se encuentra en la barra superior de herramientas.

En nuestra nueva sesión daremos click al menú **Web** → **QuickMapServices** → **Search QMS**. Este menú se encuentra en la barra superior de herramientas. Esta instrucción abrirá un nuevo panel. En el buscador del nuevo panel escribirás **Google Satellite** y harás click en buscar. Presiona el botón de **Add** frente la opción deseada. Se desplegará un mapa en tu panel principal como muestra la figura 2.4. Una vez que actives el mapa puedes cerrar el panel. Ten en cuenta que puedes hacer uso de otros servicios de mapas como el que ofrece **Bing**

Ahora vamos a ubicar lo que será nuestra selección de área. Da click derecho en el panel principal que contiene el mapa y precede a ubicarla realizando *zoom* con ayuda de la rueda de tu ratón o presionando las teclas **Control + símbolo positivo(+)**. También puedes explorar el mapa seleccionando *Pan map* (símbolo de mano blanca), que se encuentra en la barra superior. Cuando lo selecciones mantén presionado el botón izquierdo del cursor para explorar el mapa. Una vez que ubiques el sitio que deseas delimitar haz click en el botón de la barra superior **New Shapefile layer**, como se señala en la figura 2.5. Con esta acción iniciaremos la creación del polígono que delimitará nuestra área. El botón abrirá un panel en donde tienes que señalar la siguiente información: 1) En **File name** indicaras como se llamará el archivo que contendrá el polígono y en donde se ubicará en el ordenador; 2) en el menú de **Geometry type** seleccionaras *Polygon*; 3) y asegurate que el CRS sea *EPSG:4326 - WGS84* (Ver figura 2.5). Da click en el botón de *Ok*. Es importante que recuerdes la ubicación de archivo en tu ordenador.

Para comenzar a crear y editar el polígono tienes que seleccionar la capa recién creada en el panel de *layers* (1), en la esquina inferior izquierda (Ver figura 2.6). Una vez seleccionado haz click en el botón *Toggle editing*, que contiene la figura de lapiz (2). Este botón permitirá editar el polígono. Posteriormente haz click en el nuevo botón disponible *Add polygon* (3). Este botón habilitará el modo edición del polígono. Delimita el contorno del área seleccionada trazando el perímetro por medio de puntos a través del cursor, como se muestra en la figura

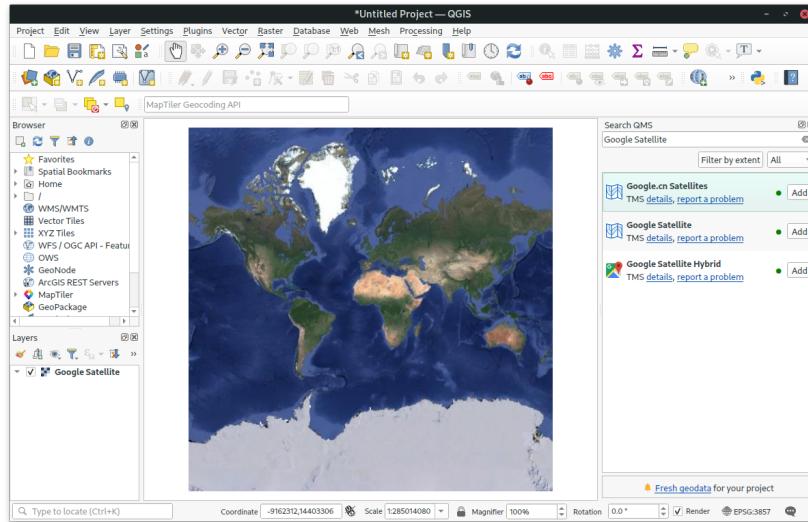


Figure 2.4: Interfaz de QGIS con el resultado de la búsqueda a través del servicio QuickMapServices. El panel dercho pertenece al plugin QuickMapServices, donde se muestra el buscador y los resultados de búsqueda. En el ejemplo seleccionamos el segundo resultado.

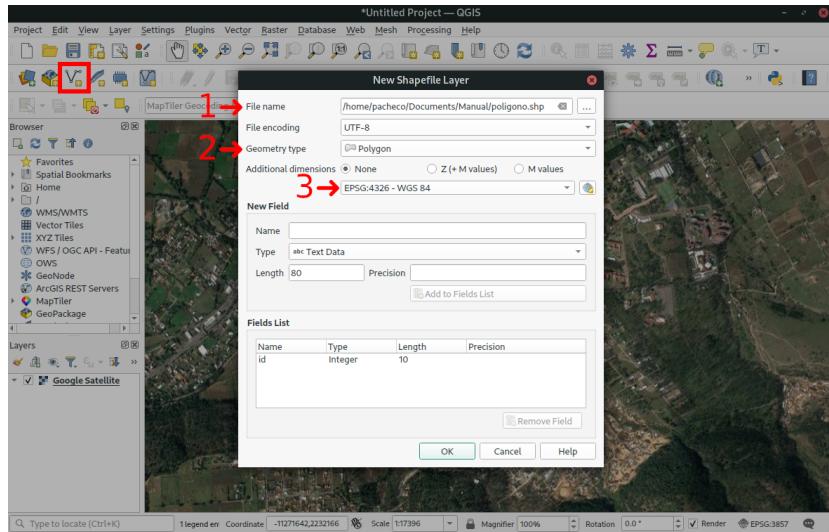


Figure 2.5: Interfaz de QGIS al iniciar la creación de un polígono con señalizaciones.

2.6. Cuando termines de delimitarlo da click derecho. Se abrirá un panel en donde darás click al botón *Ok*. Finalmente guarda los cambios dando click en el botón *Toggle editing* (2; Ver figura 2.6).

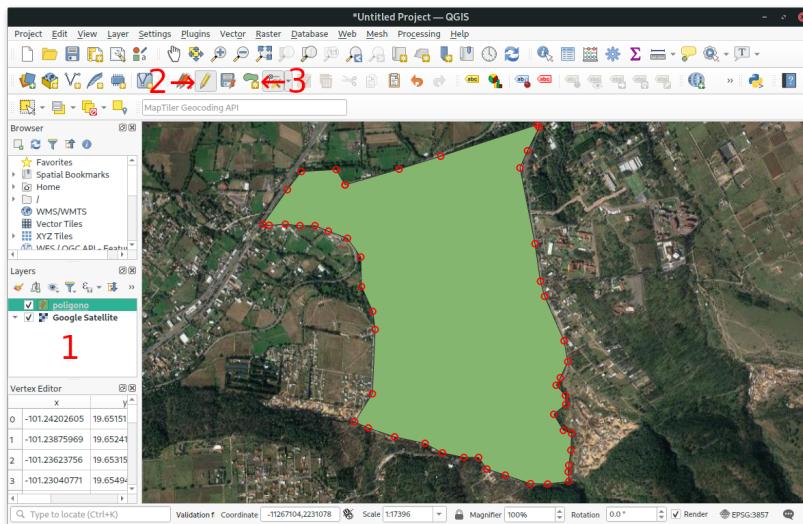


Figure 2.6: Interfaz de QGIS al editar un polígono. La señalización y la secuencia de instrucciones se indica con las flechas.

2.3.2 Dividir el área de estudio por medio de una gradilla definida

A partir de aquí los archivos que generaremos serán utilizando el lenguaje de programación R utilizando el polígono que creamos en la sección anterior. La visualización la continuaremos realizando a través de *QGIS*.

Al iniciar la sesión es recomendable verificar la carpeta en donde estamos trabajando, ejecutando el siguiente comando en la consola: `getwd()`. La dirección que arroje será donde se guardarán los archivos que generaremos. La localización de la sesión se puede cambiar indicando la dirección de la carpeta con el comando: `setwd(/Carpeta/subcarpeta/subcarpeta2/subcarpeta3)`.

Para generar la gradilla primero cargaremos los paquetes `tidyverse` y `sf`. Luego cargaremos el polígono y luego lo cuadriculararemos en cuadros de 250 m X 250 m. Ten a la mano la dirección completa del archivo espacial que contiene el polígono. El resultado de este código creará una gradilla en donde cada cuadro que la compone será un polígono. Luego de ejecutar el código, la gradilla se pueden visualizar rápidamente con la función `plot(gradilla)` (2.7).

```

library(tidyverse)
library(sf)
library(pgirmess)

#Carga el polígono a la sesión de R. La dirección es la misma que elegí al guardar el 
#Del ejercicio anterior
polígono <- st_read("/home/pacheco/Documents/Manual/polígono.shp", quiet = T)

#La función st_make_grid() crea la gradilla y la almacena en el objeto "gradilla".
#"x" indica el polígono que se usará y y cellsize indica el tamaño de los cuadros.
#En este ejemplo `cellsize = 1` corresponde a 100 km
gradilla = st_make_grid(x = polígono, cellsize = 0.0025) %>% #250 m X 250 m
st_sf() %>% mutate(id = as.character(1:nrow(.))) #Esta linea crea el "id" de los cuadros

```

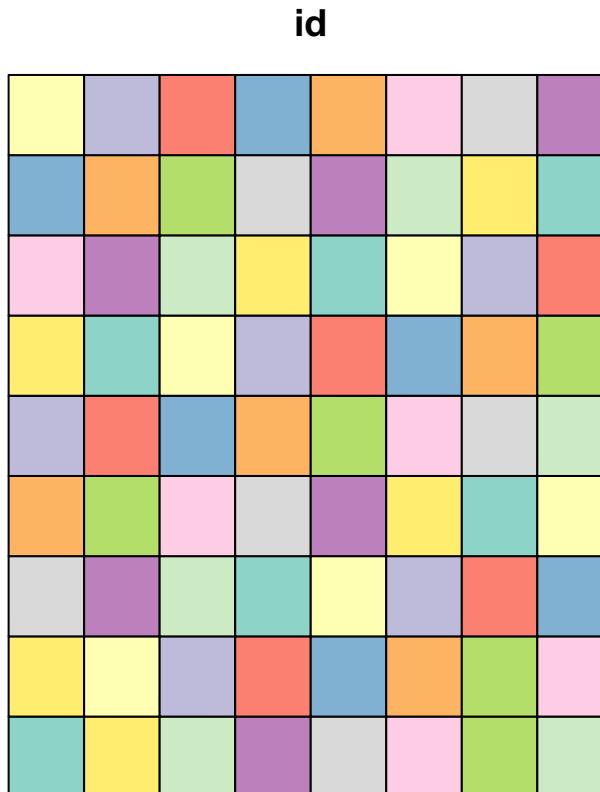


Figure 2.7: Gradilla acotada a las dimensiones del polígono sin ajuste al área delimitada. Los colores hacen referencia a los distintos id.

La **gradilla** abarca la extensión máxima y mínima tanto de la latitud como de la longitud del **polígono**. Para ajustar la gradilla al polígono que delimita el

área de estudio ejecuta la función `st_intersection` (Figura 2.8) :

```
gradilla_ajustada = st_intersection(gradilla, polígono) %>% #Ajusta gradilla al polígono
  select(id) #Selecciona la columna "id"
```

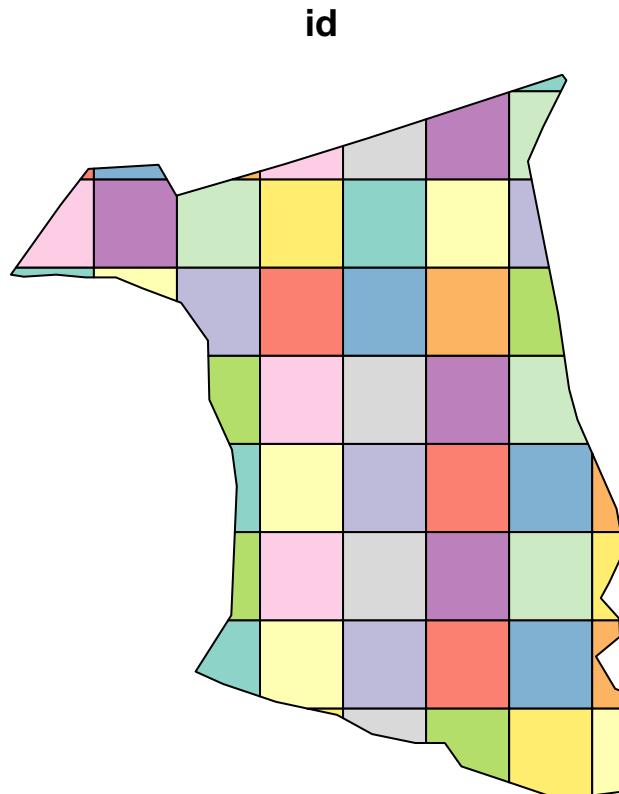


Figure 2.8: Gradilla acotada a las dimensiones ajustada al área delimitada por el polígono. Los colores hacen referencia a los identificadores.

La `gradilla_ajustada` puede ser guardada en diversos formatos de archivos espaciales con la función `st_write(gradilla_ajustada, "gradilla_ajustada.kml")` del paquete `sf`. En este ejemplo el archivo contiene la terminación `.kml`, que hace referencia al formato espacial de Google.. No obstante, también podemos guardarla en otros formatos como `.gpkg`, que hace referencia a GeoPackage, un formato libre de información geoespacial y `.shp`, que hace referencia al formato `shapefile` de la compañía ESRI, entre otros. Recuerda que si no sabes donde se guardó tu gradilla puedes intentar empezar donde indica la función `getwd()`.

El nuevo archivo `gradilla_ajustada.kml` puede ser visualizado arrojándolo al panel principal de *QGIS* (Figura 2.8. En *QGIS* puedes ajustar su opacidad dando click derecho a la capa que contiene la gradilla y seleccionando en el menú

Properties, donde puedes seleccionar un formato de visualización con fondo transparente. La gradilla ajustada también puede visualizarse en tu cuenta de *Google maps*, aunque esto solo es posible si el archivo se guarda. Utilizar *Google maps* te permite ubicarlas en tu móvil, no obstante requieres una cuenta en sus servicios. Si tienes una cuenta de Google maps puedes visualizarla visitando Mis mapas y dando click en el botón **Crear un nuevo mapa**. En la nueva ventana darás click en **Importar** y arrojarás el archivo **gradilla_ajustada.kml**. Puedes ver las instrucciones de Google aquí. Asignale un nombre y podrás cerrar la ventana. Si cuentas con la app de Google Maps en tu móvil puedes visualizarla seleccionándola en el menú **Guardado -> Mapas**.

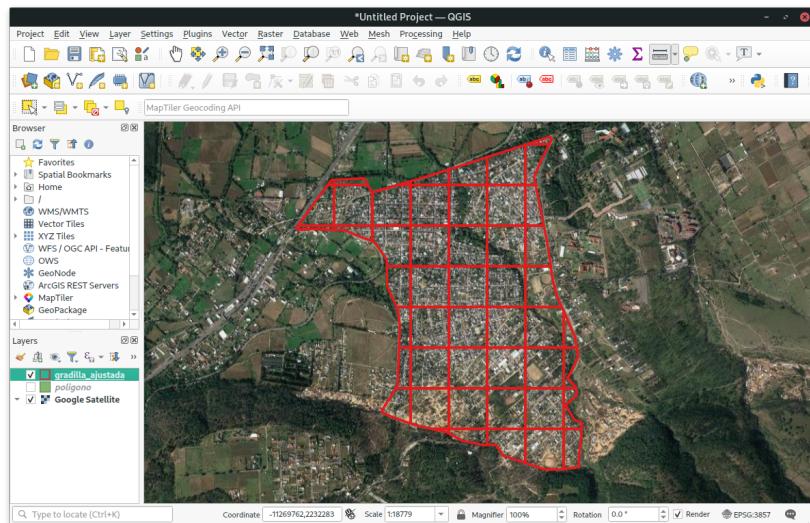


Figure 2.9: Interfaz de QGIS mostrando la gradilla ajustada.

2.3.3 Despliegue de puntos de muestreo con base en una gradilla definida de un polígono vectorial

En esta sección desplegaremos los puntos de muestreo utilizando la gradilla ajustada al objeto **polígono** de las secciones anteriores, que delimita nuestra área de estudio. Para ello vamos a utilizar un método similar a al despliegue de la gradilla de la sección anterior. La visualización la continuaremos realizando a través de *QGIS*. En esta sesión instalaremos el paquete **pgirmess** escribiendo el siguiente comando en la consola: `install.packages("pgirmess")`.

Para generar los puntos primero cargaremos los paquetes **tidyverse**, **sf** y **pgirmess**. Posteriormente cargaremos el polígono y generaremos puntos separados a una distancia mínima de 250 m. Ten a la mano la dirección completa del archivo espacial que contiene el polígono. El resultado de este código creará

una gradilla de puntos similar a la gradilla de la sección anterior. Nota en el código que el nombre del identificador es distinto al de las gradillas, al sustituir “id” por “name”. Este cambio tiene el propósito de facilitar la integración de esta información espacial con aparatos de geoposicionamiento global (GPS). Estos aparatos requieren que se declare el identificador de los elementos espaciales con este formato. Luego de ejecutar el código recuerda que puedes visualizar la información espacial rápidamente con la función `plot(gradilla)` (2.10).

```
library(tidyverse)
library(sf)
library(pgirmess)

#Carga el polígono a la sesión de R.
#La dirección es la misma que elegí al guardar el polígono que generé al delimitar el área (Sección 2.1)
#Del ejercicio anterior
poligono <- st_read("/home/pacheco/Documents/Manual/poligono.shp", quiet = T)

#La función st_make_grid() crea la gradilla y la almacena en el objeto "gradilla".
#x indica el polígono que se usará, 'cellsize' indica la distancia entre los puntos
#'what = "centers"' indica que se generen puntos al centro de la gradilla.
#En este ejemplo `cellsize = 1` corresponde a una distancia mínima de 100 km
puntos = st_make_grid(x = poligono, cellsize = 0.0025, what = "centers") %>% #250 m
  st_sf() %>% mutate(name = as.character(1:nrow(.))) #Esta linea crea el el identificador de los puntos
```

Al igual que `gradilla`, `puntos` también abarca la extensión máxima y mínima tanto de la latitud como de la longitud del polígono. Para ajustar `puntos` al polígono que delimita el área de estudio ejecuta la función `st_intersection` (2.11):

```
puntos_ajustados = st_intersection(puntos, poligono) %>% #Ajusta gradilla al polígono
  select(name) #Selecciona la columna "id"
```

Los `puntos_ajustados` puede ser guardados en diversos formatos de archivos espaciales con la función `st_write(puntos_ajustados, "puntos_ajustados.kml")` del paquete `sf`. En este ejemplo el archivo contiene la terminación `.kml` o `.gpkg`, que hace referencia al formato espacial de Google.. No obstante, también podemos guardarlo en otros formatos como GeoPackage, un formato libre de información geoespacial y `.shp`, que hace referencia al formato *shapefile* de la compañía ESRI, entre otros. Recuerda que si no sabes donde se guardó tu gradilla puedes intentar empezar donde indica la función `getwd()`.

El nuevo archivo `puntos_ajustados.kml` puede ser visualizado arrojándolo al panel principal de *QGIS* (Figura 2.12. En *QGIS* puedes ajustar su opacidad dando click derecho a la capa que contiene la gradilla y seleccionando en el menú **Properties**, donde puedes seleccionar un formato de visualización con fondo transparente. La gradilla ajustada también puede visualizarse en tu cuenta de

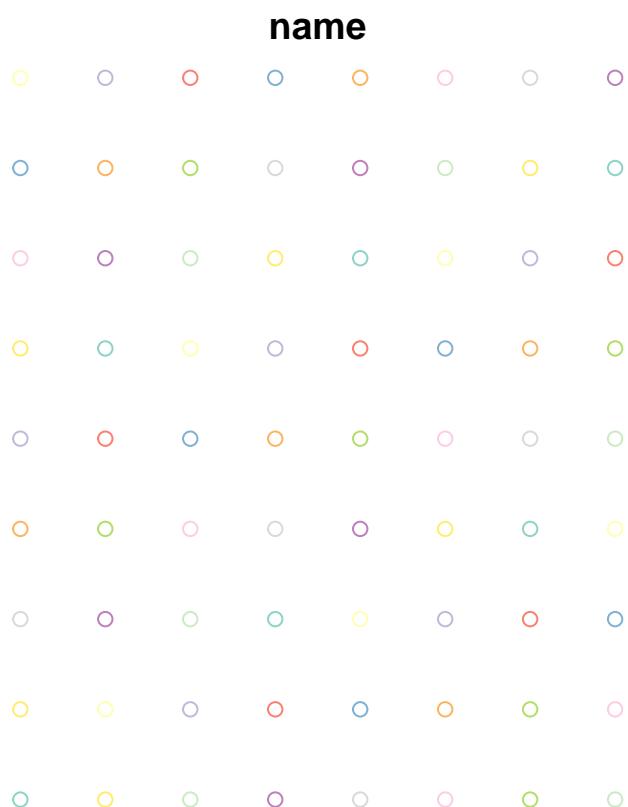


Figure 2.10: Despliegue de puntos acotados a las dimensiones del polígono sin ajuste al área delimitada. Los colores hacen referencia a los identificadores.



Figure 2.11: Puntos acotados a las dimensiones ajustada al área de estudio delimitada por el polígono. Los colores hacen referencia a los identificadores.

Google maps, aunque esto solo es posible si el archivo se guarda. Utilizar *Google maps* te permite ubicarlas en tu móvil, no obstante requieres una cuenta en sus servicios. Si tienes una cuenta de Google maps puedes visualizarla visitando Mis mapas y dando click en el botón **Crear un nuevo mapa**. En la nueva ventana darás click en **Importar** y arrojarás el archivo *gradilla_ajustada.kml*. Puedes ver las instrucciones de Google aquí. Asígnale un nombre y podrás cerrar la ventana. Si cuentas con la app de Google Maps en tu móvil puedes visualizarla seleccionándola en el menú **Guardado -> Mapas**.

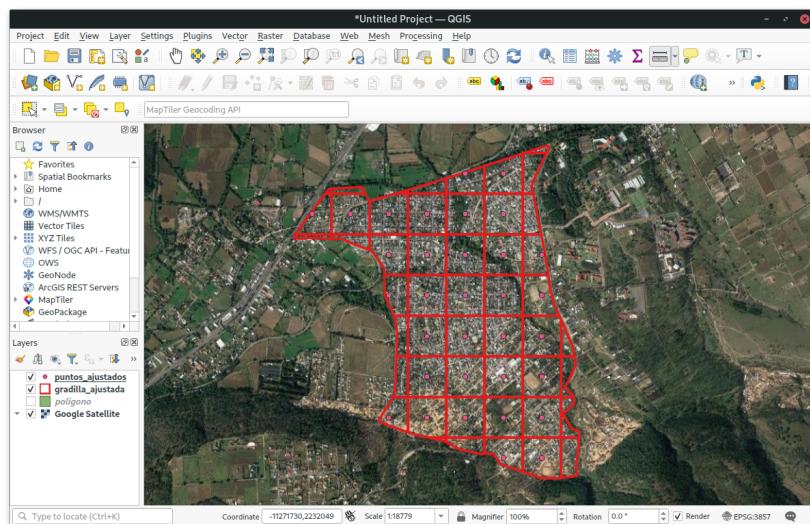


Figure 2.12: Interfaz de QGIS mostrando la gradilla ajustada.

2.3.3.1 Del archivo al GPS

En el dado caso que contemos con un aparato GPS marca GARMIN (aunque) y pretendamos ubicar los puntos con el se requiere otra aproximación. La función `st_write()` del paquete `sf` no cuenta con la capacidad de generar archivos `.gpx`, que es el que los aparatos GPS de la marca GARMIN requieren. Para generarlo y guardarlo utiliza el siguiente código:

```
library(pgirmess)

puntos_gpx <- puntos_ajustados %>%
  mutate(Lat = unlist(map(puntos_ajustados$geometry, 1)),
        Long = unlist(map(puntos_ajustados$geometry, 2))) %>%
  data.frame() %>%
  select(-geometry)
```

```
writeGPX(puntos_gpx, "puntos_gpx.gpx")
```

Una vez hayas creado el archivo puedes cargarlos al GPS conectándolo a tu ordenador. Ingresa a su memoria y copia el archivo en la siguiente dirección: GARMIN/Garmin/GPX. Este archivo también se puede visualizar en el móvil a través de Google utilizando Mis mapas.

2.3.4 Despliegue de un gradilla a nivel local con un solo punto espacial

Para generar una sola gradilla solo se requiere seleccionar un solo punto en el espacio. Este punto se puede obtener a través de Google maps dando click al espacio deseado y examinándolo. La coordenada que se tiene que registrar es la que se señala en la figura (2.10).

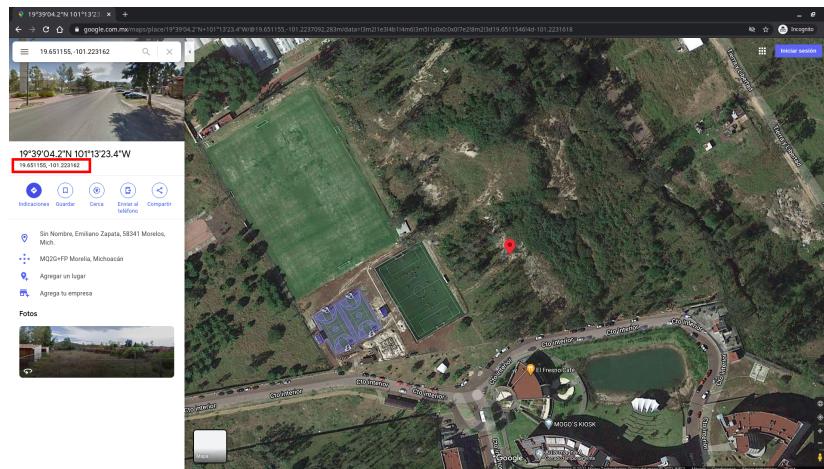


Figure 2.13: Interfaz de Google Maps donde se señala el espacio que contiene las coordenadas

Con estas coordenadas puedes ejecutar el siguiente código para obtener tu gradilla de 9 cuadros x 9 cuadros, con una dimensión de 50 m x 50 m. Los puntos generados a partir de la gradilla local se pueden guardar en un aparato GPS, con base en las indicaciones de la sección anterior.

```
#Agrega la longitud y latitud
punto <- data.frame(Long = -101.223162, Lat = 19.651150)

punto <- st_as_sf(x = punto,
                   coords = c("Long", "Lat"),
```

```

crs = "+proj=longlat +datum=WGS84 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0" #Transforma las coordenadas de WGS84 a ETRS89

#Gradilla local
punto %>% st_buffer(0.0007) %>% # un km
st_make_grid(0.0005) %>% #Cuadros de 50 m X 50 m.
st_sf() %>% mutate(id = as.character(1:nrow(.)))%>% #Identificador de los cuadros que se crean
st_write("gradilla_local.kml", delete_dsn = TRUE, append = F, quite = F)

## Deleting source 'gradilla_local.kml' using driver 'KML'
## Writing layer 'gradilla_local' to data source 'gradilla_local.kml' using driver 'KML'
## Writing 9 features with 1 fields and geometry type Polygon.

#Despliegue de puntos de gradilla local
punto %>% st_buffer(0.0007) %>% # Buffer de 70 m de radio.
st_make_grid(0.0005, what = "centers") %>% #Realiza gradilla con buffer de 70 m. Cuadros de 50 m X 50 m.
st_sf() %>% mutate(name = as.character(1:nrow(.))) %>% #Esta linea crea el el identificador de los puntos
st_write("puntos_local.kml", delete_dsn = TRUE, append = F, quite = F)

## Deleting source 'puntos_local.kml' using driver 'KML'
## Writing layer 'puntos_local' to data source 'puntos_local.kml' using driver 'KML'
## Writing 9 features with 1 fields and geometry type Point.

```

Chapter 3

Caracterización del entorno urbano 1: Cuantificación de condiciones ambientales

3.1 Condiciones ambientales

Breve Explicación sobre condiciones ambientales
Personas, autos, ruido, luz y temperatura.

3.2 Objetivo

- Evaluar y cuantificar las condiciones ambientales de ruido, transeuntes y vehículos de un área urbana.

3.3 Software y material requerido

- Formato de registro de datos (Ver tabla 3.4.4)
- Sonómetro digital o aplicación para dispositivos móviles que permiten una aproximación simple para cuantificar decibeles. Recomendamos el uso de la app Decibel X, disponible para Android y iOS.
 - Cronómetro
 - Lápiz
 - Generar puntos aleatorios a lo largo de un área de estudio definida en caso de llevarlo a cabo a lo largo de la ciudad (Ver capítulo 2).

3.4 Práctica

3.4.1 Captura de datos

En esta práctica cuantificaremos las condiciones ambientales de ruido, de intensidad de transeúntes y de intensidad de coches. Se recomienda definir una cantidad de tiempo para la toma de datos, generalmente ronda entre los 3 y los 5 minutos. El ruido se medirá al mismo tiempo que se cuantifica el número de transeúntes y vehículos. Los transeúntes y vehículos que se medirán serán los que se encuentren en movimiento en nuestro alrededor. Sugerimos que se acuerde la regla de midición entre los participantes.

3.4.2 Cuantificación de las condicionaes ambientales un área de studio.

Para llevar a cabo esta versión de la práctica es necesario definir un área de estudio y desplegar puntos como sitios de muestro (Ver capítulo 2). Los puntos se requieren repartir entre todos los miembros de la clase para que la cuantificación sea eficiente. Recomendamos que el formato de registro de datos se encuentre en la nube y que todos los participantes puedan evitalo. Se requiere que todas las personas participantes se coordinen a fin de que el registro de las condiciones de ruido, autos y transeúntes sea a la misma hora o durante el mismo intervalo del día (Ej. mañana, tarde o noche). También puedes cuantificar las condiciones ambientales a distintas horas. Considerar horarios distintos permite mayor exactitud para identificar cambios en las actividades humanas a lo largo del día.

3.4.3 Cuantificación de las condicionaes ambientales desde casa

Esta versión de la práctica no tiene como requisito la generación de información geoespacial. No obstante, si se pretende comparar las condiciones ambientales entre las casas de los participantes se puede utilizar una gradilla local. Puedes encontrar las instrucciones para generarla en el capítulo 2.

Todos los participantes cuantificarán las condiciones ambientales de ruido, transeúntes y vehículos al frente de su hogar. En esta versión de la práctica es fundamental repetir las mediciones a lo largo del día. Se requiere que todas las personas participantes se coordinen a fin de que el registro de las condiciones ambientales ocurra a la misma hora o durante el mismo intervalo del día (Ej. mañana, tarde y noche).

3.4.4 Formato de registro de datos

En el Formato de Registro se coloca la siguiente información: **nombre**, **Fecha**, **hora**, **decibeles mínimos**, **decibeles máximos**, **media de los decibeles**, **número de vehículos** que pasan frente al observador durante un tiempo determinado y **número de transeúntes** que pasan frente al observador durante un tiempo determinado (Ver tabla 3.4.4). También se tiene que anotar el identificador del punto.

Ejemplo del formato de registro de datos de las condiciones ambientales y sus variables

dB_promedio

dB_max

dB_mi

vehiculos

transeuntes

Hora

Estudiante

id_punto_gradilla

55.3

70.5

38.4

1

0

8

Estudiante1

11

68.3

86.2

45.4

2

5

12

Estudiante1

11

32CHAPTER 3. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 1: CUANTIFICACIÓN DE CONDI

70.6

92.1

52.8

3

7

16

Estudiante1

11

47.1

66.2

39.4

0

2

20

Estudiante1

11

57.4

86.5

50.6

5

1

8

Estudiante2

4

58.4

94.0

47.6

3

3

12

Estudiante2

4
50.2
80.3
43.8
1
2
16
Estudiante2
4
58.0
78.7
48.4
3
3
20
Estudiante2
4
78.8
105.5
59.1
3
0
8
Estudiante3
18
75.6
94.0
58.6
1
0
12

34CHAPTER 3. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 1: CUANTIFICACIÓN DE CONDICIONES

Estudiante3

18

78.1

99.2

59.1

2

0

16

Estudiante3

18

88.1

104.3

60.2

2

0

20

Estudiante3

18

3.5 Preguntas

Evalua y discute con tus compañeros las siguientes preguntas: 1. ¿Cuál es la zona más ruidosa? o ¿Quién vive en la zona más ruidosa? 2. ¿El ruido se relaciona con los transeuntes y/o vehículos? 3. ¿Cuál es el papel que juegan estas condiciones en el ambiente tanto para humanos como para animales no humanos?

Chapter 4

Caracterización del entorno urbano 2: lo verde y lo gris

La forma en la que se estructura un ambiente urbano es resultado del conjunto de decisiones y procesos políticos, socioculturales, ambientales y económicos que ocurren en él, por lo que cada ciudad es distinta y se compone de elementos característicos específicos. Tal estructuración puede influir en la calidad y forma de vida de las personas y organismos que habitan en el ambiente urbano. Para poder estudiar los elementos que componen al entorno urbano y su relación con diversos organismos desde la ecología urbana, se han agrupado en dos tipos de acuerdo con las características de la infraestructura: elementos grises y verdes.

1. **Elementos grises:** La infraestructura gris es muy diversa y compleja, pues refleja la historia y los procesos culturales y económicos que ocurren en una ciudad (Seto et al. 2011 c.p. Faggi, A., & Caula, S., 2017). La infraestructura gris se refiere a las estructuras construidas como instalaciones de tratamiento, sistemas de alcantarillado, sistemas de aguas pluviales o depósitos de almacenamiento. El término “gris” se refiere al hecho de que tales estructuras a menudo están hechas de concreto. (Programa Internacional de Certificación de Infraestructura Verde IGICP, 2020**). Otros elementos grises son las vías de comunicación como carreteras, las edificaciones y viviendas.
2. **Elementos verdes:** La infraestructura verde es la suma de todos los componentes de la vegetación dentro de los asentamientos urbanos. Estos van desde grandes parches o remanentes de vegetación nativa hasta árboles aislados de las calles (Faggi, A., Caula, S., 2017). Los elementos verdes se caracterizan por comprender parte de la superficie del ambiente urbano que permite el desarrollo de procesos ecológicos en el ambiente urbano, también son sitios importantes para la biodiversidad urbana. Otros ejemplos de los elementos verdes son los parques urbanos, jardines, árboles a

lo largo de avenidas y glorietas con pastos o arbustos. La vegetación es principalmente ornamental y puede contener especies nativas y exóticas.

4.1 Indicaciones preliminares y objetivo

En esta práctica puedes evaluar un área de estudio definida a distintas escalas espaciales y de forma remota o *in situ*. Aquí lo realizaremos en el área de estudio del capítulo 3.s

1. Evaluar y cuantificar los elementos del ambiente urbano
2. Identificar las diferencias entre los elementos de los ambientes grises y verdes

4.2 Software y material requerido

4.2.1 Remoto

Para cuantificar los elementos verdes y grises de forma remota se requiere lo siguiente:

- Ordenador con internet con el siguiente software instalado:
 - Lenguaje de programación R
 - Rstudio
 - *QGIS*
- Generar una gradilla en el área de estudio elegidas con un tamaño no mayor a 500 m x 500 m (Ver capítulo 3).
- Formato para el registro de datos (Ver tabla 4.2.3.1)

4.2.2 *In situ*

- Ordenador con internet con el siguiente software instalado:
 - Lenguaje de programación R
 - Rstudio
 - *QGIS*
- Despliega puntos para el muestreo del área de estudio elegida con una distancia mínima de 250 m (Ver capítulo 3).
- Equipo:

1. **Cinta métrica** para obtener el *diámetro a la altura del pecho* (DAP): medida estandarizada para calcular el diámetro de los árboles, es útil para hacer una descripción adecuada de la estructura de la vegetación.
2. **Contador manual** (Opcional): útil para contar los elementos verdes como los árboles, plantas y troncos presentes en el ambiente urbano.
3. **GPS o móvil**: Necesario para ubicar los puntos en el espacio (Ver capítulo 3 para integrar información espacial)
4. Lápiz
5. Distanciómetro: útil para tomar las medidas dentro de un radio determinado, así como para calcular las alturas de la vegetación.
6. Formato para el registro de datos (Ver tabla 4.2.3.2)

4.2.3 Formato de registro de datos

4.2.3.1 Remoto

En el Formato de Registro se coloca la siguiente información: **nombre**, **Fecha**, **Número de árboles**, **Número de construcciones** y el **Identificador del sitio** (Ver tabla 4.2.3.1).

Ejemplo del formato de registro para la cuantificación de elementos grises y verdes

Nombre

Fecha

Num_arboles

Num_contrucciones

id_gradilla

Estudiante 1

20/11/21

5

2

1

Estudiante 2

20/11/21

6

6

2

38 CHAPTER 4. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 2: LO VERDE Y LO GRIS

Estudiante 3

20/11/21

15

6

3

Estudiante 4

20/11/21

25

6

4

Estudiante 5

20/11/21

10

1

5

Estudiante 1

20/11/21

9

1

6

Estudiante 2

20/11/21

25

1

7

Estudiante 3

20/11/21

6

8

8

Estudiante 4

20/11/21

29

4

9

Estudiante 5

20/11/21

30

7

10

4.2.3.2 *In situ*

En el Formato de Registro se coloca la siguiente información: **nombre**, **Fecha**, **Número de árboles**, **Número de morfoespecies arbóreas**, **DAP mínimo (cm)**, **DAP máximo (cm)**, **Número de puertas**, **Tipo de actividad económica principal** y el **Identificador del sitio** (Ver tabla 4.2.3.2).

Ejemplo del formato de registro para la cuantificación de elementos grises y verdes

Nombre

Fecha

Num_arboles

Num_morfo_spp

DAP_min

DAP_max

Num_puertas

Tipo_zona

id_gradilla

Estudiante 1

20/11/21

8

4

8

249

40CHAPTER 4. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 2: LO VERDE Y LO GRIS

7

Industrial

1

Estudiante 1

20/11/21

27

10

8

249

7

Industrial

6

Estudiante 2

20/11/21

12

7

3

87

3

Comercial

2

Estudiante 2

20/11/21

30

2

3

87

3

Comercial

7

Estudiante 3

20/11/21

27

1

14

225

17

Comercial

3

Estudiante 3

20/11/21

9

2

14

225

17

Comercial

8

Estudiante 4

20/11/21

15

8

12

82

20

Industrial

4

Estudiante 4

20/11/21

11

2

12

42CHAPTER 4. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 2: LO VERDE Y LO GRIS

82
20
Residencial
9
Estudiante 5
20/11/21
25
7
11
89
2
Comercial
5
Estudiante 5
20/11/21
10
6
11
89
2
Industrial
10

4.3 Práctica

4.3.1 Conteo de árboles remoto

Abre la gradilla del área de estudio en *QGIS* (Ver instrucciones en capítulo 3) para comenzar la identificación de los individuos arbóreos y los edificios o construcciones. Con el fin de facilitar la observación se recomienda revisar las imágenes satelitales capturadas en distintas fechas para notar los cambios entre temporadas húmedas y secas o apoyarse de las sombras. Para las construcciones es útil identificar los tamaños de los lotes, en el caso de ser perceptibles. Debe contabilizarse la totalidad de los árboles localizados dentro de los límites de la

gradilla, sin importar la especie. Asimismo debe reportarse el número total de edificaciones que se encuentren en el interior de la gradilla. Para el caso de los edificios que no entran por completo, bastará con que la mitad de la construcción entre.

La práctica puede considerar que cada estudiante eliga un poblado o ciudad de una cuenca determinada. También pueden dividir un área urbana por sectores.

4.3.1.1 Cuestionario:

1. ¿Cuál es el pueblo o sector más árboles?
2. ¿Cuál es el pueblo con más construcciones?
3. ¿Hay una relación entre el número de árboles y las construcciones?
4. ¿Cuántos árboles hay por habitante en cada pueblo o sector de la ciudad?
5. ¿Cuántas construcciones hay por habitante en cada pueblo o sector de la ciudad?
6. ¿Cuáles son las ventajas y limitantes que identificas a través de este método?

4.3.2 *In situ*: Conteo de árboles en un radio definido.

Para conocer algunas características elementales de la vegetación contigua a los sitios de interés se pueden medir los elementos separando a las plantas por **árboles** y **arbustos**. También podemos obtener una medida de intensidad urbana con el **número de puertas**.

El primer paso consiste en definir el área de estudio. Posteriormente se requieren desplegar los puntos en el área de estudio y cargarlos al móvil o a un GPS como se indica en el capítulo 3. El levantamiento de información se realizará por un radio definido (No exceder los 30 metros). Con ayuda de un distanciómetro (o algún otro método) se identifican los bordes del círculo imaginario, utilizando referencias claras para todo el equipo.

Para medir árboles: Es necesario contabilizar todos los árboles que se encuentren dentro del círculo. Se requiere además medir las alturas, prestando especial atención a las alturas máximas y mínimas. Igualmente debe medirse el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y registrar los valores máximos y mínimos por separado. Si es posible deberán registrarse las especies presentes. Si se desconocen las especies, por el contrario, se identificarán las morfoespecies junto con el apoyo fotográfico o de colecta para identificación posterior.

4.3.2.1 Cuestionario:

1. ¿Cuál es el sector con más biodiversidad de árboles?
2. ¿Cuáles son los árboles más abundantes?

44CHAPTER 4. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 2: LO VERDE Y LO GRIS

3. ¿Hay una relación entre el número de puertas y las morfoespecies arbóreas o el número de árboles?
4. ¿Cuántas especies encontraron?
5. ¿Qué sector o zona tiene más especies arbóreas?
6. ¿Qué sector o zona tiene más individuos arbóreos?
7. ¿Cuáles son las ventajas y limitantes que identificas a través de este método?

Chapter 5

Usando a las aves como bioindicadores 1: Puntos de conteo

En los trabajos de monitoreo de aves suelen emplearse distintos métodos de censado para obtener índices de diversidad y quantificación demográfica. El método de puntos de conteo suele ser el más socorrido por poca necesidad de equipo, la facilidad para llevarse a cabo en distintos contextos topográficos y ecosistémicos, la amplia cobertura espacial que se puede censar y por la buena calidad de los datos, relativo a otros métodos de observación (Nava-Díaz et al. 2019, Ralph, 1996).

Dentro de los datos que este método arroja se encuentran la riqueza y la abundancia relativa de especies. Si las observaciones se complementan con la distancia de cada registro, relativo al observador, por ayuda de un distanciamiento, también posible estimar la densidad de los organismos en un área determinada. Tando el conteo de individuos comola riqueza pueden tener una relación con su contexto ambienta.

Generalmente al llevarse a cabo con periodicidad, este método permite hacer comparaciones interanuales en relación a los cambios poblacionales en especies migratorias y residentes. Con lo cual es posible realizar análisis complejos para la toma de decisiones de manejo y conservación.

5.1 Objetivo

- Conocer los alcances y los límites del étodo de puntos de conteo para la descripción de organismos con base en su contexto ambiental.

5.2 Software y material requerido

- Ordenador con internet con el siguiente software instalado:
 - Lenguaje de programación R
 - Rstudio
 - *QGIS*
- Despliega puntos para el muestreo del área de estudio elegida con una distancia mínima de 250 m (Ver capítulo 3).
- Equipo:
 - Necesarios:
 1. Binoculares
 2. Formato para el registro de datos (Ver tabla 4.2.3.2)
 3. lápiz
 4. Distanciómetro (Únicamente si se pretende evaluar la densidad)
 5. Cronómetro.
 6. GPS o móvil (Ver capítulo 3 para integrar información espacial)
 - Opcionales:
 1. Guías de identificación de aves físicas o digitales (*Merlin*, *iNaturalist*)
 2. Diario de campo
 3. Cámara digital para identificación posterior de aves

5.3 Práctica

Cada punto de conteo se tiene que realizar en un tiempo de 3 minutos y los puntos requieren estar dispuestos a una distancia mínima de 250 m. Es importante que consideres el horario óptimo para la observación de aves que va de 7:00 am a 11:00 am.

Para consider evaluar la riqueza de especies de aves es necesario tener un buen conocimiento de identificación de especies. De otra forma no se recomienda realizarla de esta forma. Si no se cuenta con conocimientos de identificación de aves se recomienda elegir una de las siguiene especies: *Passer domesticus*, *Columba livia*, *Quiscalus mexicanus*.

5.3.1 Especies y abundancia

5.3.2 Densidad de un organismo

5.4 Cuestionario

Los participantes deberán reconocer a la especie de ave elegida. Sugerimos que estas av

Chapter 6

Usando a las aves como bioindicadores 2: Monitoreo de aves a través de su captura por redes de niebla

6.1 Introducción

6.1.1 Estación de monitoreo, Unidad de Procesamiento y Manejo de Fauna

A cada uno de los sitios en los que se llevará a cabo la recolección de datos se le denomina Estación de Monitoreo. La cantidad de estaciones, así como la disposición espacial de cada una, dependerá del objetivo y las preguntas de investigación aunque se recomienda que se tomen en cuenta distancias mínimas (véase Ralph et al. 1996 y Zuria, Olvera & Ramírez, 2019). En una estación se pueden llevar a cabo métodos de censado como conteo en transectos, puntos, captura y anillamiento mediante redes de niebla y registro sonoro, entre otros. Cuando se requiere, las estaciones cuentan con una Unidad de Procesamiento que se refiere al espacio físico en el que se encuentra todo el equipo, materiales e instrumentos utilizados para llevar a cabo medidas a organismos capturados, así como el registro de los datos.

6.1.2 Bioética para el manejo de fauna silvestre

Cuando se requiere capturar organismos para fines de nuestra investigación es importante contar con un equipo bien capacitado en el manejo. Fundamentalmente se deben conocer muy bien los aspectos que influyen en las respuestas de estrés de cada grupo biológico con el que se trabaja para que la manipulación y toma de medidas sea rápida, eficiente y se priorice ante todo el bienestar del organismo. Algunos de los factores que se deben tomar en cuenta son la temperatura ambiental y corporal, el estado hídrico del organismo, los sonidos irritantes, la luz intensa y el tiempo de manipulación. Es crucial seguir las indicaciones y el protocolo establecido por el equipo de trabajo capacitado. Quienes tengan interés en trabajar en el manejo de fauna deben tener presentes los principios detrás de la Bioética, y procurar siempre que los organismos presenten niveles de estrés mínimos y mantengan estables sus condiciones fisiológicas. Para más detalles recomendamos consultar el apartado de “Bioética y bienestar animal en investigaciones con fauna silvestre” del manual de Técnicas para el Estudio de Fauna Nativa en Ambientes Urbanos de la Red Temática Biología, Manejo y Conservación de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados

6.1.3 Manejo de Fauna (aves)

Para el caso de las capturas de aves mediante redes de niebla se deben realizar rondas de patrullaje periódicas, de entre 20 y 30 minutos, para extraer a los organismos y colocarlos en bolsas opacas de tela para su procesamiento. Debido a su acelerado metabolismo, es muy importante que los colibríes sean llevados a la Unidad de Procesamiento primero, así como las aves que aparenten un mal estado. Algunos de los peligros para los organismos que son capturados en redes son deshidratación, muy altos niveles de estrés, asfixia y depredación por rapaces, gatos o similares.

En la Unidad se toman distintas medidas que incluyen el tamaño del pico, revisión de plumaje, el tarso, grasa, peso y anillado.

6.2 ¿Qué nos pueden decir las medidas morfométricas de los organismos a nivel poblacional?

6.3 Descripción del proceso de monitoreo de aves con redes.

6.4 Tiempos de la práctica