

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

Rodrigo Pacheco Muñoz
Edgar Perez-Negrón Souza
Salvador Pérez Heredia

Adrian Ceja Madrigal
Natalia Medrano Minet
Jorge E. Schondube

2021-03-19

Índice general

Índice	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	10
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	31

4. Caracterización del entorno urbano 2: lo verde y lo gris	33
4.1. Indicaciones preliminares y objetivo	34
4.2. Software y material requerido	34
4.3. Práctica	36
5. Usando a las aves como bioindicadores 1: puntos de conteo	39
5.1. Objetivo	40
5.2. Software y material requerido	40
5.3. Práctica	41
6. Usando a las aves como bioindicadores 2: Monitoreo de aves a través de su captura por redes de niebla	45
6.1. Introducción	45
6.2. ¿Qué nos pueden decir las medidas morfométricas de los organismos a nivel poblacional?	46
6.3. Descripción del proceso de monitoreo de aves con redes.	46
6.4. Tiempos de la práctica	46

Índice

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), UNAM.

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 la 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.

Capítulo 1

Tipos de ambientes desde la ecología urbana

1.1. Los ambientes

Los ecólogos han clasificado los diferentes ambientes presentes en nuestro planeta por medio de comparar sus características abióticas y bióticas. Este tipo de clasificación nos ha permitido separar tipos de ecosistemas, y entender los elementos que los caracterizan. Sin embargo también podemos clasificar los diferentes tipos de ambientes por sus funciones, o por la forma en que los humanos interactuamos con ellos y los utilizamos.

Desde esta última perspectiva podemos clasificar los diferentes ambientes de nuestro planeta en tres grandes grupos: ambientes silvestres, ambientes productivos y ambientes urbanos. Cada uno de estos ambientes presenta diferencias importante tanto en los elementos que los conforman, como en sus dinámicas funcionales.

1.2. Objetivo

1. Identificar las diferencias existentes entre las características de los ambientes silvestres, los ambientes productivos, y los ambientes urbanos.

1.3. Material requerido

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

1.4. Actividad virtual

Realiza tres caminatas virtuales utilizando los tres videos de *YouTube* que se señalan en la siguiente sección de esta práctica. 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 anexo, y discute tus respuestas con tus profesores y los otros estudiantes.

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 que se incluye al final de esta práctica.

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.

Con 10 minutos de observación de cada video es suficiente para completar esta actividad. Sin embargo, si tienes tiempo puedes observar los videos completos. No solo utilices tus ojos al ver los videos, te recomendamos que también seas muy cuidadoso prestando atención a los sonidos presentes en cada video (por eso recomendamos el uso de audífonos).

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 puedas 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 qué 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.

12 CAPÍTULO 1. TIPOS DE AMBIENTES DESDE LA ECOLOGÍA URBANA

Capítulo 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 que 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.

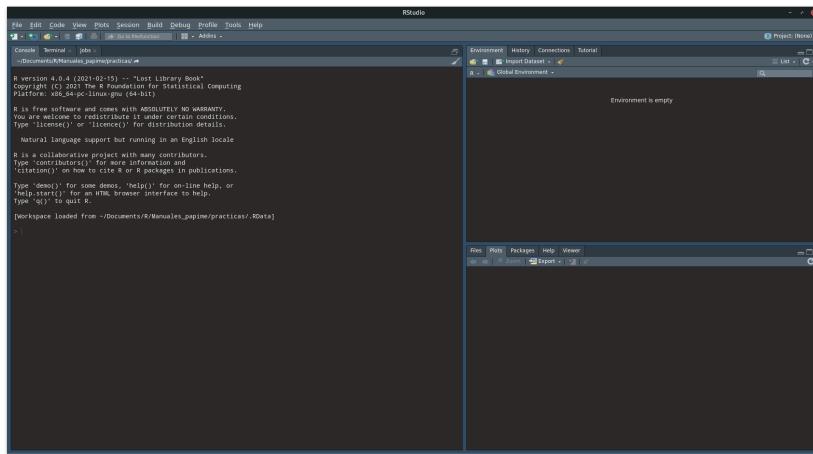


Figura 2.1: Interfaz de Rstudio con 3 paneles.

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:

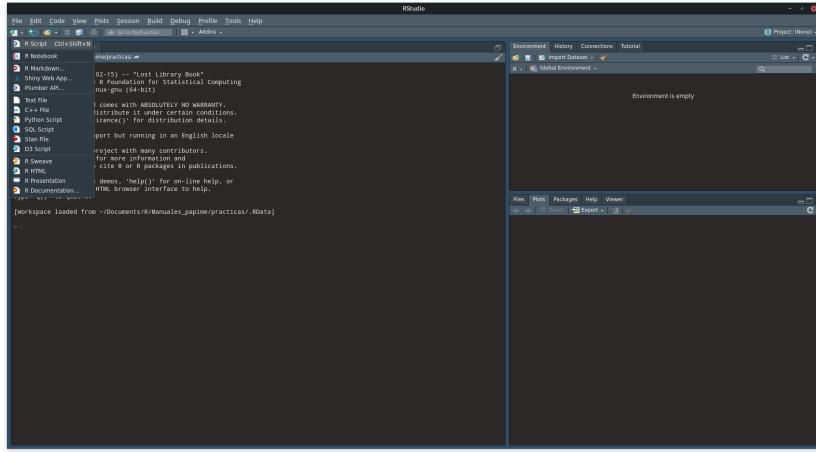


Figura 2.2: Interfaz de Rstudio que muestra el menú para generar el script de R.

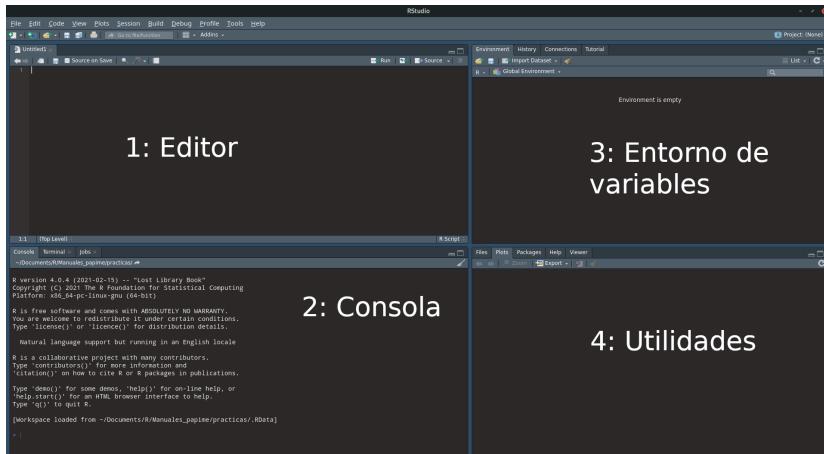


Figura 2.3: Interfaz de Rstudio que muestra los cuatro páneles estandar.

```
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 lápiz (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

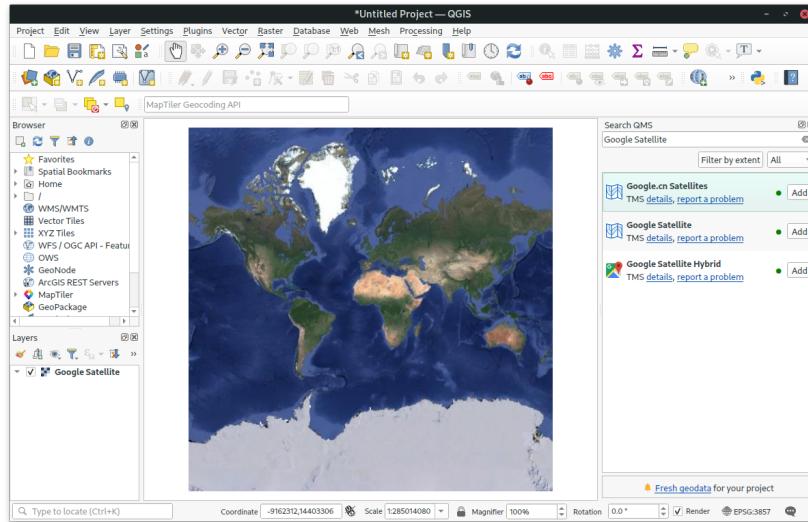


Figura 2.4: Interfaz de QGIS con el resultado de la búsqueda a través del servicio QuickMapServices. El panel dercho pertenece al plugin QuickMapServices, donde se muestra el buscador y los resultados de búsqueda. En el ejemplo seleccionamos el segundo resultado.

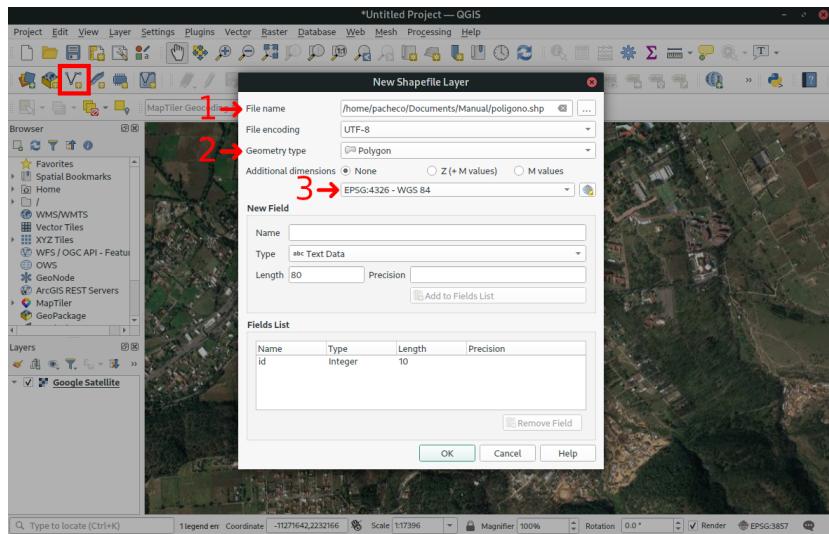


Figura 2.5: Interfaz de QGIS al iniciar la creación de un polígono con señalizaciones.

figura 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).

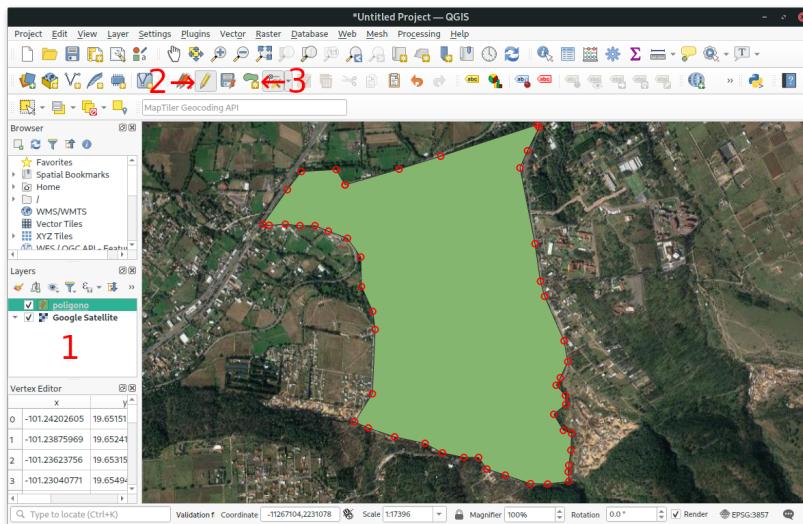


Figura 2.6: Interfaz de QGIS al editar un polígono. La señalización y la secuencia de instrucciones se indica con las flechas.

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 cuadricularemos 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
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 y y cellsizes indica el tamaño de los cuadros.
#En este ejemplo `cellsize = 1` corresponde a 100 km
gradilla = st_make_grid(x = poligono, cellsizes = 0.0025) %>% #250 m X 250 m
st_sf() %>% mutate(id = as.character(1:nrow(.))) #Esta linea crea el "id" de los cuadros

```

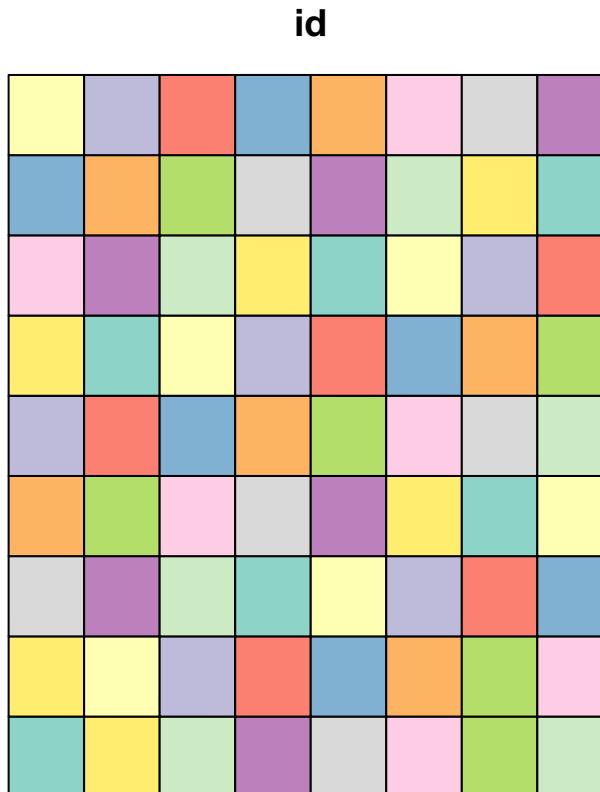


Figura 2.7: Gradilla acotada a las dimensiones del polígono sin ajuste al área delimitada. Los colores hacen referencia a los distintos id.

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"
```

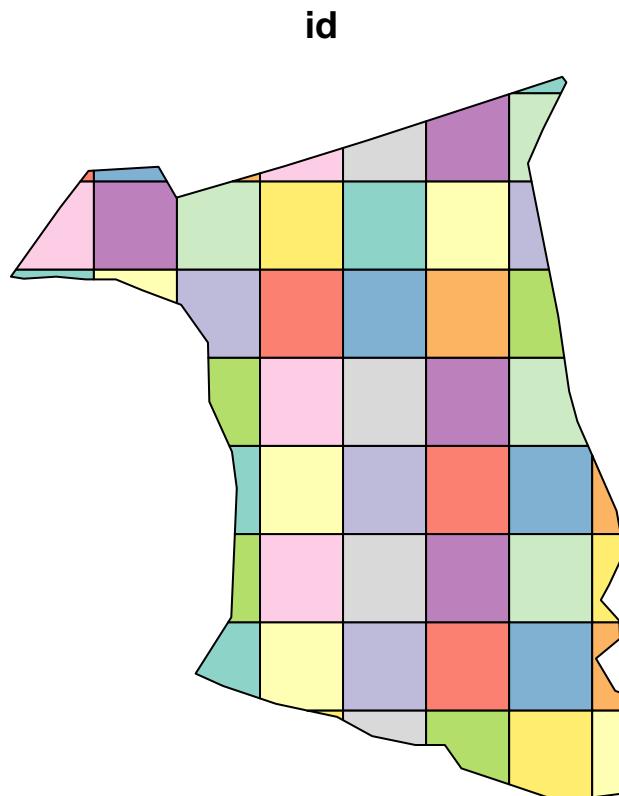


Figura 2.8: Gradilla acotada a las dimensiones ajustada al área delimitada por el polígono. Los colores hacen referencia a los identificadores.

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**.

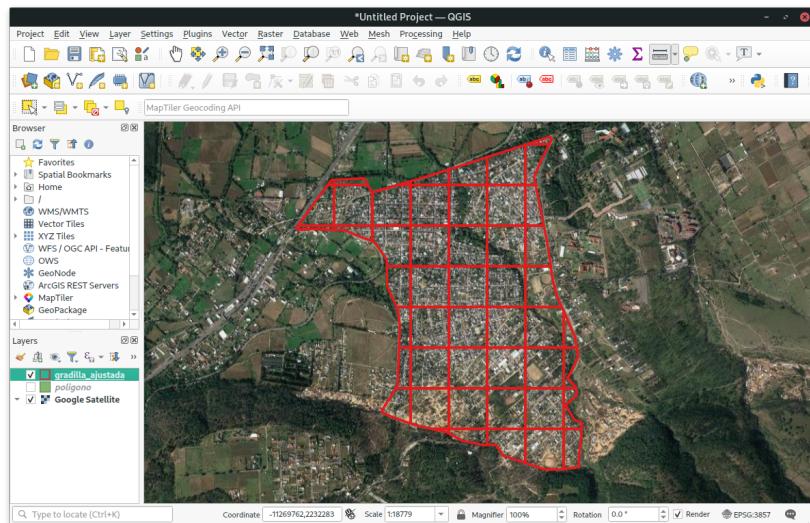


Figura 2.9: Interfaz de QGIS mostrando la gradilla ajustada.

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 `poligono`. 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

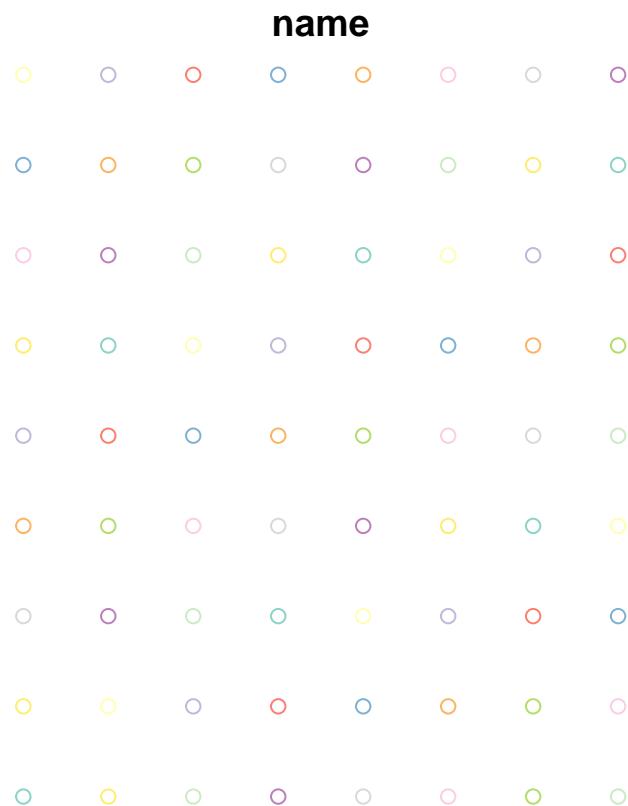


Figura 2.10: Despliegue de puntos acotados a las dimensiones del polígono sin ajuste al área delimitada. Los colores hacen referencia a los identificadores.



Figura 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. 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**.

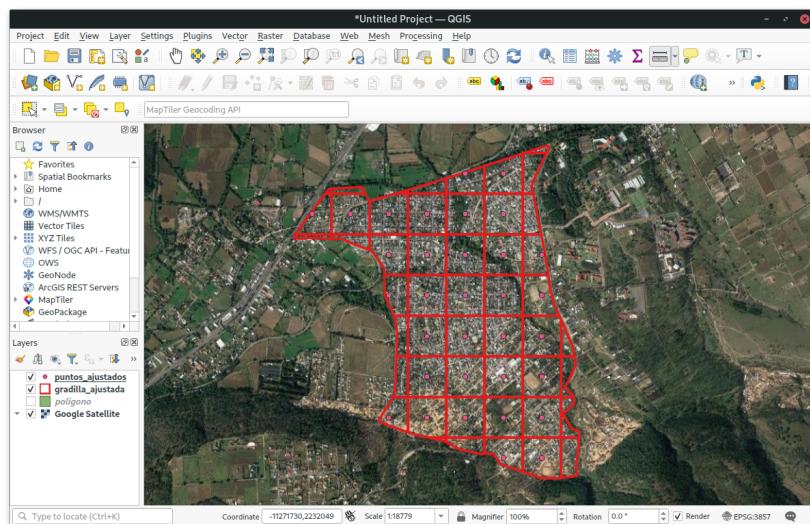


Figura 2.12: Interfaz de QGIS mostrando la gradilla ajustada.

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).

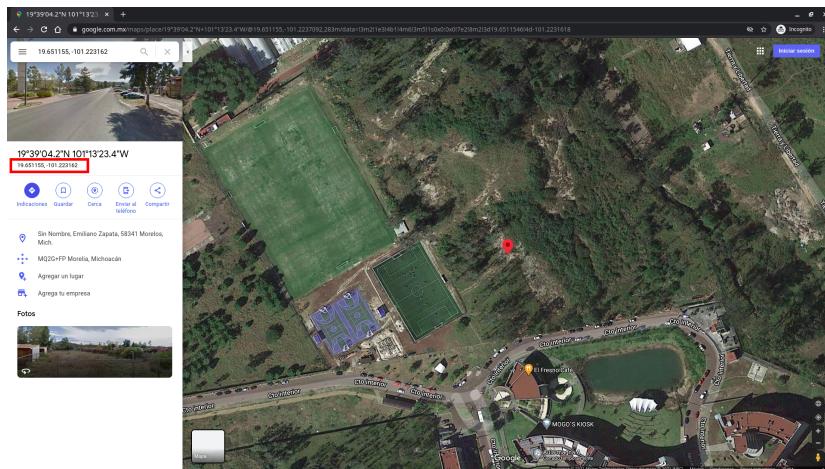


Figura 2.13: Interfaz de Google Maps donde se señala el espacio que contiene las coordenadas

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" #Transoforma

#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 q
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
st_sf() %>% mutate(name = as.character(1:nrow(.))) %>% #Esta linea crea el el identificador
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.

```

Capítulo 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 3.1)
- 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 evitado. 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).

Cuadro 3.1: 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
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	Estudiante3	18
78.1	99.2	59.1	2	0	16	Estudiante3	18
88.1	104.3	60.2	2	0	20	Estudiante3	18

3.4.4. 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 3.1). También se tiene que anotar el identificador del punto.

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?

Capítulo 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 4.1)

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:

Cuadro 4.1: 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	1	8	1
Estudiante 2	20/11/21	10	1	2
Estudiante 3	20/11/21	22	6	3
Estudiante 4	20/11/21	29	4	4
Estudiante 5	20/11/21	23	8	5
Estudiante 1	20/11/21	3	10	6
Estudiante 2	20/11/21	1	1	7
Estudiante 3	20/11/21	6	7	8
Estudiante 4	20/11/21	19	6	9
Estudiante 5	20/11/21	20	9	10

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)

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 4.1).

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).

36 CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO URBANO 2: LO VERDE Y LO GRIS

Cuadro 4.2: 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_puer
Estudiante 1	20/11/21	9	7	5	124	19
Estudiante 1	20/11/21	26	4	5	124	19
Estudiante 2	20/11/21	27	4	8	180	19
Estudiante 2	20/11/21	27	2	8	180	19
Estudiante 3	20/11/21	25	10	5	182	11
Estudiante 3	20/11/21	9	10	5	182	11
Estudiante 4	20/11/21	18	7	7	243	11
Estudiante 4	20/11/21	24	5	7	243	11
Estudiante 5	20/11/21	10	5	9	212	8
Estudiante 5	20/11/21	1	1	9	212	8

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?
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?

Capítulo 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 métricas de quantificación demográfica. El método de puntos de conteo suele ser el más socorrido por la 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).

Este método es útil para cuantificar por medio de observaciones la riqueza y la abundancia relativa de las especies. Si las observaciones se complementan con la distancia de cada registro, relativo al observador, con ayuda de un distanciómetro, también es posible estimar la densidad de los organismos en un área determinada. No obstante, calcular esa información requiere del establecimiento de un área definida. Tanto el conteo de individuos como la riqueza pueden tener una relación con su contexto ambiental.

Al ser un método que por sus características puede llevarse a cabo con periodicidad, este método permite hacer comparaciones interanuales, que permiten evaluar las relaciones entre los cambios poblacionales de las aves con las características ambientales de las áreas evaluadas y a través del tiempo. Por lo que es posible realizar análisis complejos para la toma de decisiones de manejo y conservación.

5.1. Objetivo

- Conocer los alcances y los límites del método de puntos de conteo para la descripción de organismos con base en su contexto ambiental.
- Describir la riqueza y abundancia de un **ensamblaje de aves** o describir la **población** de una especie en un área determinada.

5.2. Software y material requerido

- Ordenador con internet con el siguiente software instalado:
 - Lenguaje de programación R
 - Rstudio
 - *QGIS*
 - Distance Sampling o su paquete R *Distance* (Opcional: estimación de densidad).
- Despliega una serie de puntos en el área de estudio elegida con una distancia mínima de 250 m o hasta 500 m (Ver práctica 3)
- Equipo:
 - Necesarios:
 1. Binoculares
 2. Formato para el registro de datos (Ver tabla 5.1 y tabla 5.2)
 3. lápiz
 4. Distanciómetro laser (Únicamente si se pretende evaluar la densidad)
 5. Cronómetro.
 6. GPS o móvil (Ver capítulo 3 para integrar información espacial a aparatos)
 - Opcionales:
 1. Guías de identificación de aves físicas (*Nat. Geo., Howell y Webb*) o digitales (*Merlin, iNaturalist*)
 2. Diario de campo
 3. Cámara digital para identificación posterior de aves

5.2.1. Formato de registro de datos

5.2.1.1. Describir un ensamblaje

La tabla 5.1 es una propuesta para capturar los datos de observación del ensamblaje de aves. Esta tabla incluye la distancia. Observa como a pesar de que registremos a la misma especie en el mismo punto, la estimación de densidad por distancia requiere cada distancia de forma independiente.

Cuadro 5.1: Ejemplo del formato para capturar datos de observación de aves

Nombre_observador	Fecha	id_punto	especie	individuos	distancia_m
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 1	5	70
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 2	3	18
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 2	1	50
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 1	8	34
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 2	3	28
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 3	2	60
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 4	1	33
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 4	1	46
Estudiante 2	20/11/21	3	Especie 2	5	18
Estudiante 2	20/11/21	3	Especie 4	1	49

Cuadro 5.2: Ejemplo del formato para capturar datos de observación con estimación de distancia de una o más especies determinadas

Nombre_observador	Fecha	id_punto	especie	individuos	distancia_m
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 1	8	69
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 1	1	45
Estudiante 1	20/11/21	1	Especie 1	10	14
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 1	7	10
Estudiante 1	20/11/21	2	Especie 1	10	32
Estudiante 2	20/11/21	2	Especie 1	6	67
Estudiante 2	20/11/21	2	Especie 1	3	47
Estudiante 2	20/11/21	2	Especie 1	3	46
Estudiante 2	20/11/21	3	Especie 1	4	29
Estudiante 2	20/11/21	3	Especie 1	2	17

5.2.1.2. Describir a una población

La tabla 5.2 es una propuesta para capturar los datos provenientes de observación con estimación de distancia de una o más especies determinadas. Esta tabla incluye la distancia. Observa como a pesar de que registremos a la misma especie en el mismo punto, la estimación de densidad por distancia requiere cada distancia de forma independiente.

5.3. Práctica

Cada punto de conteo se tiene que realizar en un tiempo de 3 o 5 minutos. Los puntos requieren estar dispuestos a una distancia mínima de 250 m y una máxima de 500 m. Es importante que consideres el horario óptimo para la obser-

42 CAPÍTULO 5. USANDO A LAS AVES COMO BIOINDICADORES 1: PUNTOS DE CONTEO

vación de aves, que va de 7:00 am a 11:00 am. Si pretendes estimar la densidad poblacional de uno o más organismos inmóviles no es necesario considerar un horario óptimo.

Es importante que se verifique el acceso a los puntos que se muestrearán antes de realizar el registro de las observaciones.

5.3.1. Especies y abundancia

Para describir la riqueza de especies y la abundancia de un ensamble de aves es necesario tener un buen conocimiento de su identificación. Esto puede tomar de uno a dos meses de entrenamiento en áreas urbanas con apoyo de las guías de identificación. Si no se cuenta con dicha habilidad no se recomienda realizarla.

5.3.1.1. Instrucciones

1. En un área de estudio urbana que hayas determinado despliega los puntos de muestreo (Ver sección de Software y material requerido).
2. Identifica los puntos que cuenten con elementos verdes abundantes (30% < de cobertura) y los puntos que no cuenten con elementos verdes. Procura elegir un mismo número de puntos en cada una de las condiciones (*Puntos verdes* y *Puntos grises*). Cada condición requiere un número mayor a 10 unidades de muestreo.
3. Visita los puntos en un horario óptimo de observación de aves (7:00 am a 11:00 am).
4. Al llegar al sitio determina el centro del punto y espera un minuto.
5. Inicia tus observaciones y límítalo a 3 minutos. Anota tus observaciones en el formato para el registro de datos (Tabla 5.1)

5.3.1.2. Cuestionario

Para responder las siguientes preguntas recomendamos hacer uso de los paquetes de R *vegan* y *iNext*.

1. ¿En qué condición urbana hay un mayor número de especies?
2. ¿En qué condición urbana hay un mayor número de individuos?
3. ¿Qué especie domina el ensamble en cada condición? ¿Es la misma?
4. ¿La composición del ensamble de aves entre condiciones es similar?
5. Discute los resultados con tus compañeros y profesores

5.3.2. Densidad de un organismo

La estimación de la densidad de una población de uno o más organismos requiere establecer un área determinada y una habilidad de identificación de especies

menor. Recomendamos evaluar un máximo de tres especies de forma simultanea. Si se pretende utilizar a las aves recomendados elegir alguna de estas cuatro especies: *Passer domesticus*, *Columba livia*, *Quiscalus mexicanus*, *Streptopelia decaocto*.

5.3.2.1. Instrucciones

1. Determina un área de estudio urbana y despliega los puntos de muestreo (Ver sección de Software y material requerido).
2. Identifica si en tu área urbana ocurren al menos dos de las cuatro especies de aves sugeridas. Las aves que sugerimos son comunes, abundantes y se extienden ampliamente en las áreas urbanas de México.
3. Antes de iniciar los participantes deberán reconocer y familiarizarse con las dos especies de aves elegidas.
4. Identifica puntos de muestreo con base en las siguientes características:
 - Al menos 20 sitios cercanos a la periferia del polígono y 20 sitios cercanos al centro del polígono. Es importante que se cuente con el mismo número de puntos en cada condición.
5. Visita los puntos en un horario óptimo de observación de aves (7:00 am a 11:00 am).
6. Al llegar al sitio determina el centro del punto y espera un minuto.
7. Inicia tus observaciones y límítalo a 3 minutos. Mide con el distanciómetro la distancia que hay del punto al objeto y anótalo en el formato para el registro de datos (Tabla 5.2)

5.3.2.2. Cuestionario

Para responder las siguientes preguntas se requiere hacer uso del programa Distance o el paquetes de R Distance. El paquete en R lo puedes instalar siguiendo escribiendo el siguiente comando: `install.packages("Distance")`.

1. ¿Cuál es la especie más densa en el área urbana?
2. ¿Las poblaciones cuentan con densidades distintas entre la periferia y el centro? ¿El patrón es similar o es distinto entre las especies?
3. Discute tus resultados con tus compañeros

Capítulo 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