Guía de buenas prácticas de georreferenciación

Arthur D. Chapman • John R. Wieczorek

Versión 8928428, 2023-07-12 09:02:13 UTC

Tabla de Contenido

Colofón . . . 1
- Citación sugerida . . . 1
- Autores . . . 1
- Colaboradores . . . 1
- Licencia . . . 1
- URI persistente . . . 1
- Resumen . . . 1
- Control del documento . . . 1
- Descargo de responsabilidad . . . 1
- Imagen de portada . . . 2

1. Introducción . . . 2
- 1.1. Objetivos . . . 3
- 1.2. Público objetivo . . . 4
- 1.3. Alcance . . . 4
- 1.4. Restricciones . . . 5
- 1.5. Principios de buenas prácticas . . . 5
- 1.6. Exactitud, Error, Sesgo, Precisión, Falsa precisión e Incertidumbre . . . 6
- 1.7. Software y Herramientas en Línea . . . 8
- 1.8. Conformidad con los Estándares . . . 8
- 1.9. Identificadores Persistentes (PIDs) . . . 9

2. Elementos para Describir una Ubicación . . . 9
- 2.1. La Importancia de los Buenos Datos de la Localidad . . . 10
- 2.2. Localidades . . . 10
- 2.3. Extensión de una Ubicación . . . 11
  - 2.3.1. Transectos . . . 12
  - 2.3.2. Rutas . . . 12
  - 2.3.3. Polígonos . . . 13
  - 2.3.4. Grillas . . . 14
  - 2.3.5. Formas Tridimensionales . . . 16
- 2.4. Coordenadas . . . 17
  - 2.4.1. Coordenadas Geográficas . . . 17
  - 2.4.2. Coordenadas Universales Transversales de Mercator (UTM) . . . 18
- 2.5. Sistema de Referencia de Coordenadas . . . 19
- 2.6. Usando un GPS . . . 19
  - 2.6.1. Eligiendo un receptor GPS o GNSS . . . 20
  - 2.6.2. Exactitud del GPS . . . 20
  - 2.6.3. GNSS Diferencial . . . 21
  - 2.6.4. Sistema de Aumentación Basado en Satélites . . . 22
  - 2.6.5. Sistema de Aumentación Basado en Tierra . . . 23
  - 2.6.6. Punto Preciso de Posicionamiento . . . 23
  - 2.6.7. GPS Estático . . . 23
  - 2.6.8. GPS 's Duales y Multi-Frecuencia . . . 23
  - 2.6.9. Teléfonos Inteligentes . . . 24

2.6.10. Cámaras Equipadas con GPS . . . 24
2.6.11. Receptores GPS Subacuáticos Remolcado por Buzos . . . 24
2.7. Elevación . . . 25
2.7.1. Altímetros . . . 25
2.7.2. Mapas . . . 25
2.7.3. GPS . . . 26
2.7.4. Datums Verticales . . . 26
2.7.5. Modelos Digitales de Elevación . . . 26
2.7.6. Teléfonos Inteligentes . . . 27
2.7.7. Cámaras Equipadas con GPS . . . 28
2.7.8. Google Earth . . . 28
2.8. Orientaciones Cardinales . . . 29
2.9. Desplazamientos . . . 29
2.9.1. Solo Distancia de Desplazamiento . . . 29
2.9.2. Solo Dirección de Desplazamiento . . . 30
2.9.3. Desplazamiento en una Orientación Cardinal . . . 30
2.9.4. Desplazamiento a lo largo de una Ruta . . . 31
2.9.5. Desplazamiento a lo largo de Direcciones Ortogonales . . . 31
2.10. Profundidad del Agua . . . 31
2.10.1. Batimetría . . . 31
2.10.2. Computadoras de Buceo . . . 32
2.11. Distancia Sobre la Superficie . . . 33
2.12. Cuevas . . . 34
2.12.1. Determinando la ubicación . . . 34
2.12.2. Elevación . . . 34
2.12.3. Profundidad en Cuerpos de Agua Subterráneos . . . 35
2.12.4. Distancia Sobre o Debajo de una Superficie . . . 35
2.13. Lidiando con Registros No Naturales . . . 36
2.14. Ausencias y No Detecciones . . . 36
2.15. Datos Capturados Remotamente . . . 36
2.16. Datos para Etiquetas Pequeñas . . . 37
2.17. Documentación . . . 37
3. El proceso de Georeferenciación . . . 37
3.1. Planificando un Proyecto de Georeferenciación . . . 37
3.1.1. Flujo de Trabajo para Proyectos de Georreferenciación . . . 39
3.1.2. Ejemplo de Flujo de Trabajo de Proyecto: MaNIS/HerpNET/ORNIS . . . 41
3.1.3. Usando Registros Previamente Georreferenciados . . . 42
3.1.4. Recursos Necesarios . . . 43
3.1.5. Datos a Capturar . . . 43
3.1.6. Aplicando Restricciones de Datos . . . 46
3.1.7. Interfaces de Usuario . . . 46
3.1.8. Usando Normas y Pautas . . . 46
3.1.9. Operadores de Entrada de Datos . . . 47
3.2. Flujo de Trabajo de Georreferenciación: Localidades . . . 47
3.2.1. Analizando la Descripción de la Localidad . . . 48

3.2.2. Clasificando la Descripción de la Localidad . . . 48
3.2.3. Estableciendo los Límites de la Entidad Geográfica . . . 50
3.2.4. Aplicando Acotaciones Espaciales . . . 51
3.3. Métodos de Georreferenciación . . . 53
3.3.1. Método del Punto . . . 53
3.3.2. Método Radio-punto . . . 53
3.3.3. Método de Caja Delimitadora . . . 54
3.3.4. Método de Forma Geométrica . . . 54
3.3.5. Método Probabilístico . . . 55
3.4. Calculando Incertidumbres . . . 55
3.4.1. Incertidumbre debido a la Extensión de la Entidad Geográfica . . . 55
3.4.2. Incertidumbre en la Fuente de la Coordenada . . . 57
3.4.3. Incertidumbre Relacionada con la Precisión de las Coordenadas . . . 62
3.4.4. Incertidumbre debido a un Datum Desconocido . . . 63
3.4.5. Incertidumbre Relacionada con la Orientación Cardinal . . . 64
3.4.6. Incertidumbre Relacionada con la Precisión del Desplazamiento . . . 65
3.4.7. Incertidumbres Combinadas . . . 67
3.4.8. Utilizando la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación . . . 67
3.4.9. Usando la Calculadora de Georreferenciación . . . 67
3.5. Localidades Difíciles . . . 68
3.6. Determinando el Ajuste Espacial . . . 69
4. Georreferenciación Colaborativa . . . 71
4.1. DigiVol . . . 73
4.2. Notes from Nature . . . 73
4.3. GEOLocate . . . 73
4.4. Otros Proyectos de Georreferenciación Colaborativa . . . 73
5. Compartiendo los Datos . . . 74
5.1. Mapeando al Darwin Core . . . 74
5.2. Generalización de georreferencias para taxones y localidades sensibles . . . 76
6. Manteniendo la Calidad de los Datos . . . 77
6.1. Retroalimentación a los Colectores . . . 77
6.2. Aceptando Retroalimentación de los Usuarios . . . 77
6.3. Verificación y Limpieza de los Datos . . . 78
6.3.1. Entrada de Datos . . . 78
6.3.2. Validación de los Datos . . . 79
6.3.3. Hacer Correcciones . . . 80
6.4. Responsabilidades del Administrador . . . 80
6.5. Responsabilidades del supervisor . . . 80
6.6. Entrenamiento . . . 80
6.7. Criterios de Rendimiento . . . 81
6.8. Índice de incertidumbre espacial . . . 82
6.9. Documentación . . . 83
6.9.1. Honestidad en el Etiquetado . . . 83
Glosario . . . 84
Agradecimientos . . . 95

Referencias 95

Colofón

Citación sugerida

Chapman AD & Wieczorek JR (2020) Guía de buenas prácticas de georreferenciación. Copenhague: Secretariado de GBIF. https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853

Autores

Arthur D. Chapman & John R. Wieczorek

Colaboradores

Paula F. Zermoglio

Licencia

Este documento *Guía de buenas prácticas de georreferenciación* se publica bajo una licencia Creative Commons Attribución-CompartirIgual 4.0 Internacional.

URI persistente

https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853

Resumen

La Guía de buenas prácticas de georreferenciación provee los lineamientos para la correcta georreferenciación. Aunque está dirigida específicamente a registros biológicos, los conceptos y métodos presentados aquí pueden ser igual de útiles en otras disciplinas.

Control del documento

v1.1.1, July 2023

Originalmente basado en una publicación anterior, Chapman AD & Wieczorek JR (2006) Guide to Best Practices for Georeferencing. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc-2zpf-zf42

Descargo de responsabilidad

La información en este libro representa la opinión profesional de los autores y no representa necesariamente las opiniones del editor. Aunque los autores y el editor han intentado que este libro sea lo más preciso y minucioso posible, la información contenida en él se proporciona "como es", y sin ninguna garantía con respecto a su exactitud o integridad. Los autores y el editor no tendrán ninguna responsabilidad ante ninguna persona o entidad por cualquier pérdida o daño causado por el uso de la información proporcionada en este libro.

En caso de que existan diferencias de interpretación entre este documento y las versiones traducidas en idiomas distintos del inglés, la versión en inglés seguirá siendo la original y definitiva.

Imagen de portada

Buccino manchado (*Cominella maculosa*), Bahía de Waitangi, Isla de Chatham. Foto 2019 Peter de Lange vía observaciones de grado de investigación de iNaturalist, dominio público bajo licencia CC0.

1. Introducción

> Una ubicación que está pobremente georreferenciada oculta la informaciónen la que debería basarse una georreferencia, lo que puede hacer que la información originalmente proporcionada sea irrecuperable. Las georreferencias resultantes pueden ser engañosas para los usuarios y conducir a errores en los resultados de su investigación. Por lo tanto, un mensaje importante para llevarse a casa es: "Georreferenciar mal es peor que no georreferenciar."

A lo largo de este documento hacemos uso de terminología con un significado específico que es de gran importancia para el entendimiento general, especialmente para los términos que pueden diferir o variar en el uso común. Marcamos estas palabras clave así, con un enlace al glosario, para llamar la atención sobre el significado específico y evitar posibles confusiones. Todos los términos marcados de esta forma son definidos en el Glosario.

Esta publicación proporciona lineamientos sobre las buenas prácticas para la georreferenciación. Aunque se dirige específicamente a registros biológicos, los conceptos y métodos presentados aquí pueden aplicarse en otras disciplinas, donde la interpretación espacial de la ubicación sea de interés. Este documento se basa en la publicación original Guide to Best Practices for Georeferencing (Chapman & Wieczorek 2006) que fue uno de los resultados del proyecto BioGeomancer (Guralnick et al. 2006).Muchos proyectos y organizaciones (p. ej., MaNIS, MaPSTeDI, INRAM, GEOLocate, NatureServe, CRIA, ERIN, CONABIO) desarrollaron previamente directrices y herramientas para la georreferencación. Estos resultados proporcionaron un buen punto de partida para dicho documento, en el cuál se proporciona la historia detallada de las organizaciones involucradas en el desarrollo de BioGeomancer y de la Guía original.A lo largo de este documento hacemos referencia a las herramientas y metodologías desarrolladas por esas organizaciones y reconocemos el valioso trabajo de las mismas en su desarrollo. Este documento pretende actualizar las buenas prácticas con los términos, las tecnologías y recomendaciones de georreferenciación que se han desarrollado y perfeccionado desde la publicación del documento original.

Este documento está diseñado para que las instituciones con compromisos de georreferenciación puedan extraer aquellas partes que se aplican a sus propias necesidades y prioridades, y si es necesario, adaptarlas cuando las prácticas difieran de las que se facilitan en este documento o se deriven de ellas. Los trabajos derivados deben ser públicamente accesibles y los protocolos de georreferenciación derivados de este documento deben ser citados en los metadatos de cualquier registro georreferenciado que haya sido producto del mismo. Citar un protocolo publicado cuando los métodos usados para la georreferenciación difieren violaría el principio de buenas prácticas de replicabilidad, descrito en § 1.5. Un ejemplo de un protocolo citable es la Guía de referencia rápida de georreferenciación (Zermoglio et al. 202). Este documento no debe ser citado como un protocolo de georreferenciación.

Esta versión es una revisión completa con muchas referencias nuevas y actualizadas. Los cambios y adiciones más importantes en esta edición incluyen:

- Se ha redefinido el término extensión para que se ajuste al inglés general y al uso técnico común para referirse a una distancia, área o volumen dentro de unos límites definidos. También se agrega el término radio para cubrir el sentido del término "extensión" en documentos anteriores (Wieczorek 2001, Wieczorek et al. 2004, Chapman & Wieczorek 2006, Wieczorek et al. 2012a,

Wieczorek & Bloom 2015).

- Se introduce el concepto de centro corregido para reemplazar el centro geográfico que se utilizaba en el pasado. Este es un cambio importante porque el centro geográfico no necesariamente conduce a la obtención de la incertidumbre mínima correcta debida a la extensión de la entidad geográfica, mientras que el centro corregido sí lo hace.
- Expansión y actualización de la sección sobre elevación para proporcionar la información más reciente sobre el registro de la elevación y la determinación de la incertidumbre debido a la exactitud de los GPS y DEM.
- Ampliación de la sección sobre satélites GPS para incluir información sobre otros sistemas de satélites GNSS.
- Incorporación de información sobre el uso de teléfonos inteligentes y cámaras para registrar ubicaciones y elevaciones GPS.
- Basado en el método de georreferenciación de forma geométrica, se incluyen pasos para refinar el método de georeferenciación radio-punto.
- Expansión de las explicaciones para incluir datos ecológicos, marinos y otros datos recolectados en transectos, a lo largo de rutas irregulares, en polígonos, o en grillas.
- Incorporación de información sobre la determinación de georreferencias para ubicaciones subterraneas tales como cuevas, túneles y minas.
- Incorporación de información sobre batimetría y profundidades submarinas.
- Integración de este documento con documentos asociados como la Guía de referencia rápida de georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) y el Manual de la calculadora de georreferenciación (Bloom et al. 2020).

1.1. Objetivos

Este documento tiene como objetivo proporcionar las buenas prácticas actuales para el uso de los métodos de georreferenciación radio-punto, caja delimitadora y forma geométrica, ya sea para nuevos registros en campo o para georreferenciación retrospectiva de ubicaciones históricas y no georreferenciadas. Esperamos que el lector obtenga de este documento, entre otras cosas, una buena apreciación de los siguientes principios esenciales:

- Sin importar cuán específica pueda parecer una ubicación, cada una tiene una incertidumbre y esta incertidumbre determina las condiciones bajo las cuales se puede utilizar la interpretación espacial de la ubicación. Con base a esto, las coordenadas sin una incertidumbre cuidadosamente determinada no deben considerarse un georreferencia, deben considerarse solo como unas coordenadas cuyo significado no es claro.
- Las interpretaciones de las ubicaciones están llenas de una amplia variedad de fuentes de incertidumbre y no siempre es trivial agregarlas a la incertidumbre total.
- La mejor descripción de una localidad es aquella que es específica, concisa, completa y sin ambigüedades. Cuanto más detallada sea la descripción, mejor será la probabilidad de obtener una georreferencia que sea reproducible y que minimice la incertidumbre.
- La precisión de la coordenada no es lo mismo que la incertidumbre de la coordenada, es solo uno de los muchos factores que contribuyen a la incertidumbre total.
- Los usuarios de registros georreferenciados deben tener en cuenta la incertidumbre (o su falta de documentación) al elegir datos para análisis, pues sin esta información los análisis pueden ser sesgados y los resultados parcializados o totalmente erróneos.
- Las coordenadas por sí solas no pueden ser usadas para verificar su consistencia; una descripción de la localidad proporciona una confirmación de que las coordenadas son correctas.

- Las coordenadas por sí solas no definen inequívocamente una ubicación, porque:
  - las coordenadas requieren un sistema de referencia de coordenadas para ubicar las coordenadas en relación con la Tierra
  - ninguna ubicación es un punto, incluso las ubicaciones más específicas tienen una extensión
  - cualquier dispositivo que proporcione coordenadas tiene una incertidumbre asociada

  Conclusión: Las coordenadas por sí solas no constituyen una georreferencia.

- Las geometrías son excelentes como georreferencias si se puede lidiar con ellas, si no, el método radio-punto es sorprendentemente poderoso, porque usando un Sistema de Información Geográfica (SIG) puede ser intersectado con otras capas espaciales para obtener geometrías (formas geométricas).

1.2. Público objetivo

Este trabajo está diseñado para aquellos que necesitan o quieren saber **por qué** las buenas prácticas son las que son, en detalle. Este documento está dirigido a individuos u organizaciones que se enfrentan a la planificación de un proyecto de georreferenciación, proporcionándoles una serie de preguntas que los guiarán a subconjuntos particulares de las buenas prácticas a seguir.

Para aquellos que sólo necesitan saber cómo llevar estas prácticas a la acción mientras georreferencian, la Guía de referencia rápida de georreferenciación es el documento más adecuado para tener a la mano. La Guía de referencia rápida se remite a los detalles de este documento según sea necesario y está asociada a la Calculadora de georreferenciación, que es una herramienta para calcular coordenadas e incertidumbre siguiendo los métodos descritos en este documento.

Sobre todo, este documento ayudará a los usuarios finales de los datos a entender las implicaciones de intentar utilizar registros que no han sido sometidos a buenas prácticas de georreferenciación y el valor de los que si.

1.3. Alcance

Este documento es uno de los tres que cubre los requisitos y métodos recomendados para georreferenciar ubicaciones. Está destinado a cubrir los aspectos teóricos (cómo y por qué) de la información espacial sobre la localización de fenómenos relacionados con la biodiversidad, incluyendo una consideración especial para los datos ecológicos y marinos. También, abarca enfoques para proyectos de georreferenciación a gran escala y colaborativos.

Estos documentos NO proporcionan orientación sobre la georectificación de imágenes o geocodificación de direcciones.

La Guía de referencia rápida de georreferenciación asociada proporciona una guía práctica para poner en práctica la teoría, especialmente para el método de georreferenciación radio-punto. La Guía de referencia rápida se basa en este documento como fuente de antedecedentes, definiciones y explicaciones más detalladas, mientras que describe exactamente cómo lidiar con una amplia variedad de casos específicos (ver [Usando la guía de referencia rápida de georreferenciación]).

La Calculadora de georreferenciación es una aplicación JavaScript basada en navegadores que ayuda en la georeferenciación de localidades descritas y proporciona métodos para obtener coordenadas geográficas e incertidumbres para ubicaciones (ver [Usando la calculadora de georreferenciación]).

1.4. Restricciones

Las restricciones para usar este documento pueden surgir debido a:

- Espécimenes con etiquetas difíciles de leer o descifrar.
- Registros que no contienen suficiente información.
- Registros que contienen información contradictoria.
- Localidades históricas difíciles de encontrar en los mapas actuales.
- Nombres de localidades que han cambiado a través del tiempo.
- Ubicaciones marinas de registros de barcos antiguos.
- Falta de información sobre datums y/o sistemas de referencia de coordenadas.
- Sistemas de manejo de datos que no permiten registrar o almacenar la información requerida sobre la georreferenciación.
- Conexión a Internet deficiente o nula.
- Falta de acceso a recursos adecuados (mapas, gaceteros confiables, etc.).
- Falta de apoyo institucional o de un supervisor.
- Falta de capacitación.

1.5. Principios de buenas prácticas

Los siguientes son principios de buenas prácticas que deben aplicarse a la georreferenciación:

- **Exactitud**: una medida de qué tan bien representan los datos la verdad, por ejemplo, qué tan bien representada está la verdadera ubicación de un evento de observación, colecta o muestreo en una georreferencia. Esto incluye consideraciones tomadas tanto en el momento en que se registró la ubicación como cuando fue georreferenciada. Tenga en cuenta que la falta de precisión por descuido tendrá un efecto adverso en la exactitud (ver § 1.6).
- **Efectividad**: la probabilidad de que un programa de trabajo logre los objetivos deseados. Por ejemplo, el porcentaje de registros para los cuales las coordenadas y la incertidumbre pueden ser exactamente identificadas y calculadas (ver § 6.8).
- **Eficiencia**: el esfuerzo relativo necesario para producir un resultado aceptable, incluyendo el esfuerzo para recopilar y usar datos externos (p. ej., gaceteros, itinerarios de los colectores, etc.).
- **Fiabilidad**: la confianza relativa en la repetibilidad o consistencia con la que la información fue producida y registrada. La fiabilidad de las fuentes y métodos que pueden afectar la exactitud de los resultados.
- **Accesibilidad**: la facilidad relativa con la que los usuarios pueden encontrar y usar información, en todos los sentidos soportados por los principios FAIR (Wilkinson et al. 2016) para que los datos sean fáciles de encontrar, accesibles, interoperables y reutilizables.
- **Transparencia**: la relativa claridad e integridad de las entradas y los procesos que produjeron un resultado. Por ejemplo, la calidad de los metadatos y la documentación de la metodología mediante la cual se obtuvo una georreferencia.
- **Frecuencia** – se refiere a la periodicidad de la recopilación de datos, su reporte y actualización. Por ejemplo, con qué frecuencia son actualizados los gaceteros, cuánto tiempo después de la georreferenciación están disponibles los registros para el público, y con qué regularidad se hacen las actualizaciones/correcciones después de la retroalimentación.
- **Relevancia**: la pertinencia y utilidad relativa de los datos para satisfacer las necesidades de los

potenciales usuarios en el sentido del principio de "aptitud para el uso"("fitness for use") (Chapman 2005a). La relevancia se ve afectada por el formato de la salida y si la documentación y los metadatos son accesibles para el usuario.

- **Replicabilidad** – el potencial relativo para que un resultado sea reproducido. Por ejemplo, una georreferencia siguiendo las buenas prácticas tendría suficiente documentación para repetirse utilizando las mismas entradas y métodos.
- **Adaptabilidad** – el potencial para que los datos se reutilicen en circunstancias cambiantes o con nuevos fines. Por ejemplo, las georreferencias realizadas siguiendo las buenas prácticas tendrían suficiente documentación para ser utilizadas en análisis para los que no fueron generadas originalmente.

Además, un documento efectivo de buenas prácticas debe:

- Alinear la visión, la misión y los planes estratégicos en una institución a sus políticas y procedimientos y obtener el apoyo de patrocinadores y/o altos directivos.
- Utilizar un método estándar de escritura (formato de escritura) para producir políticas y procedimientos profesionales.
- Satisfacer los estándares de la industria.
- Satisfacer el escrutinio por parte la gerencia y de auditores externos/internos.
- Adherirse a estándares y prácticas de informática de la biodiversidad relevantes.

1.6. Exactitud, Error, Sesgo, Precisión, Falsa precisión e Incertidumbre

A menudo hay confusión en torno a lo que significa exactitud, error, sesgo, precisión, falsa precisión, e incertidumbre. Además de los siguientes párrafos, puede remitirse a las definiciones en el Glosario y Chapman 2005a. Todos estos conceptos son relevantes para las mediciones.

La exactitud, el error y el sesgo se relacionan directamente con las estimaciones de valores verdaderos. Entre mas cerca este una medición del valor verdadero más exacto es. El error es una medida de exactitud (la diferencia entre un valor estimado y el valor verdadero). Cuanto más exacta sea una medida, menor será el error. El sesgo a menudo indica un problema de calibración u otro problema sistemático y se puede utilizar para eliminar errores sistemáticos de las mediciones, haciéndolos así más exactos.

> Debido a que el valor verdadero se desconoce y sólo se estima, la exactitud de la cantidad medida también es desconocida. Por lo tanto, la exactitud de la información de una coordenada sólo se puede estimar.
>
> — Geodetic Survey Division 1996, FGDC 1998

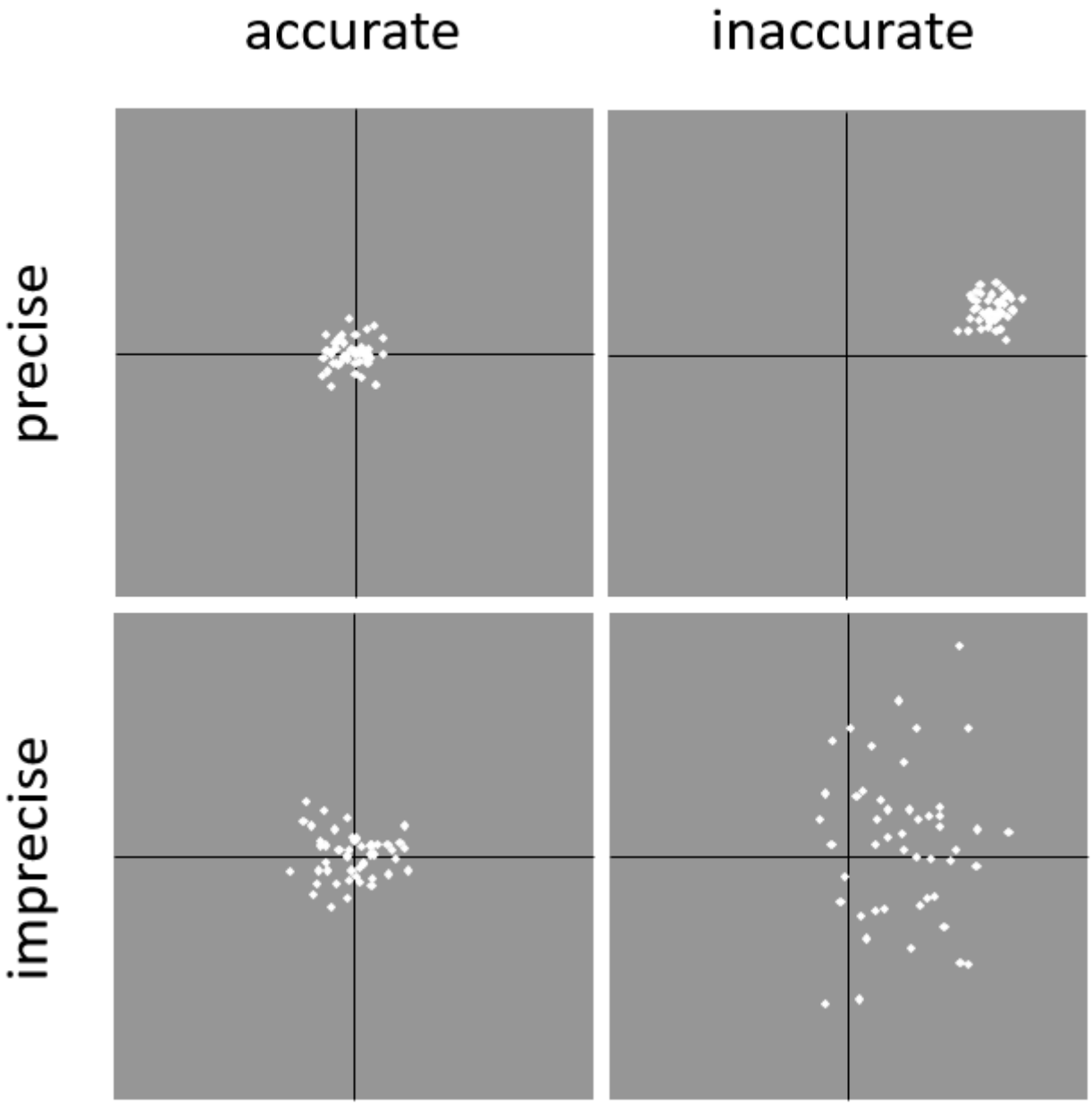

Figura 1. Exactitud versus Precisión. Los datos pueden ser exactos y precisos, exactos e imprecisos, precisos e inexactos o tanto imprecisos como inexactos. Reproducido con el permiso de Arturo Ariño (2020).

Mientras que el error es una estimación de la diferencia entre un valor medido y el valor verdadero, la precisión es una medición de la consistencia de mediciones repetidas entre sí. La precisión no es lo mismo que la exactitud (ver Figura 1) porque las mediciones pueden ser consistentemente incorrectas (tienen el mismo error). Las mediciones precisas del mismo objetivo darán resultados similares, sean exactas o no. Cuantificamos la precisión como cuan específica deber ser una medida para dar resultados consistentes. Por ejemplo, un dispositivo de medición podría dar mediciones con cinco cifras decimales (p. ej. 3.14159), mientras que las mediciones repetidas del mismo objetivo con el mismo dispositivo sólo son consistentes a cuatro cifras decimales (e.g. 3.1416). Podríamos decir que la precisión es de 0.0001 respecto a las unidades de medida.

La falsa precisión se refiere a los valores registrados que tienen una precisión injustificada por la medición original. Esto es a menudo un efecto de cómo se almacenan, calculan, representan o muestran los datos. Por ejemplo, una interfaz de usuario podría estar diseñada para mostrar siempre las coordenadas con cinco cifras decimales (por ejemplo, 3.00000), mostrando una falsa precisión para cualquier coordenada que no sea precisa (p. ej. 3°, una latitud dada sólo al grado más cercano). Porque la falsa precisión puede ser indetectable, la precisión real de una medición es algo que debe

ser capturado explícitamente en lugar de ser inferido por la representación de un valor. Esto es particularmente cierto en el caso de las coordenadas, que pueden ser objeto de una falsa precisión como resultado de una transformación de formato. Por ejemplo, 3°20′ tiene una precisión de un minuto, equivalente a aproximadamente 0.0166667 grados, pero cuando se almacenan como grados decimales donde se mantienen y se muestran cinco cifras decimales, el valor sería 3. 33333 con una falsa precisión de 0.00001 grados. Ver también Figura 2.

Como el error, la incertidumbre es una medida de cuán diferente puede ser un valor dado de un valor verdadero desconocido. En georreferenciación usamos la incertidumbre para referirnos a la distancia máxima desde las coordenadas centrales en una georeferencia hasta el punto más lejano donde el verdadero de una ubicación verdadera podría estar, como una combinación de todas las posibles fuentes de error dadas como una distancia.

WHAT THE NUMBER OF DIGITS IN YOUR COORDINATES MEANS

LAT/LON PRECISION	MEANING
28°N, 80°W	YOU'RE PROBABLY DOING SOMETHING SPACE-RELATED
28.5°N, 80.6°W	YOU'RE POINTING OUT A SPECIFIC CITY
28.52°N, 80.68°W	YOU'RE POINTING OUT A NEIGHBORHOOD
28.523°N, 80.683°W	YOU'RE POINTING OUT A SPECIFIC SUBURBAN CUL-DE-SAC
28.5234°N, 80.6830°W	YOU'RE POINTING TO A PARTICULAR CORNER OF A HOUSE
28.52345°N, 80.68309°W	YOU'RE POINTING TO A SPECIFIC PERSON IN A ROOM, BUT SINCE YOU DIDN'T INCLUDE DATUM INFORMATION, WE CAN'T TELL WHO
28.5234571°N, 80.6830941°W	YOU'RE POINTING TO WALDO ON A PAGE
28.523457182°N, 80.683094159°W	"HEY, CHECK OUT THIS SPECIFIC SAND GRAIN!"
28.523457182818284°N, 80.683094159265358°W	EITHER YOU'RE HANDING OUT RAW FLOATING POINT VARIABLES, OR YOU'VE BUILT A DATABASE TO TRACK INDIVIDUAL ATOMS. IN EITHER CASE, PLEASE STOP.

Figura 2. 40 dígitos: Eres optimista acerca de nuestra comprensión de la naturaleza de la distancia en si misma. Lo que el número de cifras en las coordenadas podría implicar si la precisión se malinterpretara al construir la extensión geográfica. Desde xkcd.

1.7. Software y Herramientas en Línea

El software y las herramientas vienen y van y son regularmente actualizadas, así que en lugar de incluir una lista en este documento, remitimos a los lectores a georeferencing.org.

1.8. Conformidad con los Estándares

A lo largo de este documento tenemos, en la medida de lo posible, las prácticas recomendadas que se ajustan a los estándares de información geográfica y a los estándares para la transferencia de información biológica y geográfica. Estos incluyen estándares desarrollados por Open Geospatial Consortium (OGC 2019), el Comité Técnico para información geográfica digital y geomática (ISO/TC 211) y Biodiversity Information Standards (TDWG). Además, este documento apoya los principios FAIR de gestión de datos recomendando que los datos bien georreferenciados sean fáciles de encontrar (Findable), accesibles (Accesible), interoperables (Interoperables) y reutilizables (Reusable).

1.9. Identificadores Persistentes (PIDs)

El uso de Identificadores Persistentes (PIDs) incluyendo los Identificadores Únicos Globales (GUIDs), Identificadores de Objetos Digitales (DOIs), etc. para identificar objetos individuales y otras clases de datos (como colecciones, observaciones, imágenes y ubicaciones) individualmente está bajo discusión. Es importante que cualquier identificador utilizado sea globalmente único (aplicado exactamente a una instancia de un objeto identificable), persistente y resoluble (Page 2009, Richards 2010, Richards et al. 2011). Hasta el momento, muy pocas instituciones utilizan PID para especímenes y aún menos para ubicaciones, sin embargo, el reciente artículo de Nelson et al. 2018 hace una serie de recomendaciones sobre acuñar la gestión y el intercambio de GUID para especímenes de herbario. Recomendamos que una vez que se implemente un sistema estable para asignar y usar PID, se utilice siempre que sea práctico, incluso para ubicaciones.

2. Elementos para Describir una Ubicación

En esta sección discutimos las mejores prácticas para capturar y registrar información para que pueda ser georreferenciada y compartida de la manera más productiva y eficiente, siguiendo las pautas y metodologías estándar. Esto conducirá a una mayor coherencia en el registro, el intercambio y el uso de datos.

La recolección de datos en campo establece el escenario para los buenos procedimientos de georreferenciación (Museum of Vertebrate Zoology 2006). Actualmente existen muchas técnicas que pueden llevar a ubicaciones georreferenciadas bien documentadas. Sin embargo, es importante que las ubicaciones se registren correctamente para reducir la probabilidad de error. Recomendamos que siempre que sea posible todos los nuevos eventos de colecta usen un GPS para el registro de las coordenadas y que el GPS se ajuste a un datum adecuado o un [sistema de coordenadas de referencia] (ver sistema de referencia de coordenadas). Hay muchos aspectos que hay que tener en cuenta a la hora de recopilar datos en campo y en esta sección ofrecemos recomendaciones para las buenas prácticas.

DATOS MARINOS. Los principios establecidos en este documento se aplican de igual manera para los datos marinos como para los terrestres y otro tipo de datos. Por ejemplo, el registro de la incertidumbre para datos marinos es tan importante como lo es para los sistemas terrestres. Esto es especialmente importante para los datos antiguos, datos de viajes históricos, expediciones científicas, etc. Existe una incertidumbre para todos los registros de una georreferencia, sin importar qué tan pequeña pueda ser con los equipos actuales. Tenga en cuenta que hay una serie de problemas que sólo aplican a la información marina. Remitimos a aquellos que trabajan con sistemas marinos a otras partes de este documento para tratar problemas como la [profunidad], distancia sobre la superficie, lidiar con ocurrencias no-naturales, registro de la extensión en actividades de buceo, etc. Donde existan diferencias que apliquen específicamente a las ubicaciones marinas las identificaremos con el ícono .

DATOS ECOLÓGICOS. Georreferenciar datos ecológicos, de encuestas, trampas, conteos de especies, etc. debería tratarse de forma similar a los datos de especímenes y de observaciones. A menudo los datos ecológicos se registran usando una [grilla] o transecto y puede tener una localidad inicial y una localidad final, así como una hora de inicio y una hora de finalización. Donde haya diferencias que apliquen específicamente a los datos ecológicos las identificaremos con el icono .

CAVES. Los eventos en ubicaciones subterraneas, como cuevas, túneles y minas, plantean problemas especiales para la determinación de la ubicación. Donde haya diferencias que apliquen específicamente a estos datos los identificaremos con el icono .

2.1. La Importancia de los Buenos Datos de la Localidad

Al registrar datos en campo, ya sea desde un mapa o usando un GPS, es importante registrar información descriptiva sobre la ubicación como una validación independiente de la georreferencia. La medida en la que la validación puede ocurrir depende de que la descripción de la localidad y su contraparte espacial describan el mismo lugar. La descripción de una localidad de la mejor calidad es aquella que contribuye con la menor cantidad de incertidumbre posible. Esto es igualmente importante para la georreferenciación retrospectiva, donde se dan las descripciones de la localidad pero no las coordenadas y para la georreferencias tomadas en campo.

2.2. Localidades

Proporcione una localidad descriptiva, incluso si tiene coordenadas. La localidad debe ser tan específica, sucinta, libre de ambigüedades, completa y tan exacta como sea posible, sin dejar lugar para múltiples interpretaciones.

Las entidades geográficas usadas como puntos de referencia deben ser estables, es decir, lugares (ubicaciones permanentes, vertices geodésicos, etc.) que permanecerán sin cambios durante mucho tiempo después de que se registre el evento. NO utilice entidades geográficas temporales o waypoints como la localidad de referencia.

Para facilitar la validación de una localidad use las entidades geográficas de referencia que son fáciles de encontrar en los mapas o en los gaceteros. Evite usar a toda costa términos vagos como "cerca de" y "centro de" o proporcionar sólo un desplazamiento sin una distancia, como "Oeste de Jiuquan" o peor "O Jiuquan".

En cualquier localidad que contenga una entidad geográfica que pueda confundirse con otro tipo de entidad, especifique el tipo de entidad geográfica entre paréntesis después del nombre de la entidad, por ejemplo, "Lago Claro (centro poblado)".

Si se registran ubicaciones sobre una ruta (camino, río, etc.), es importante también registrar si las distancias fueron medidas siguiendo la ruta (p. ej. 'por carretera') o como una línea recta desde el origen (p. ej. 'por aire').

Las localidades mas específicas son aquellas descritas con a) una distancia y una orientación cardinal a lo largo de una ruta partiendo de una intersección cercana y bien definida o b) dos distancias de desplazamiento con una orientación cardinal desde una única entidad geográficapersistente y cercana de extensión pequeña.

Es una buena práctica no usar comillas ("") en las descripciones de la localidad, ya que esto puede generar problemas de saltos de línea en archivos de texto plano, hojas de cálculo, etc.

Al describir un ubicación en términos de una distancia a lo largo de una ruta o por medio de dos distancias ortogonales desde una entidad geográfica, se elimina la incertidumbre debida a orientaciones imprecisas, que cuando las distancias son grandes, puede ser el factor que más contribuye a la incertidumbre general. Elegir una entidad geográfica de referencia con una extensión pequeña reduce la incertidumbre debido al tamaño de la entidad de referencia y al elegir una entidad geográfica de referencia cercana, se reduce el potencial error en la medición de las distancias de desplazamiento, especialmente a lo largo de una ruta. El Museum of Vertebrate Zoology en la Universidad de California, Berkeley ha publicado una guía para registrar buenas localidades en campo que siguen estos principios. La siguiente es una localidad ejemplo obtenida de este documento (copiada con permiso).

Ejemplo 1. De MVZ Guía para Registrar Localidades en Notas de Campo

Localidad: Modoc National Wildlife Refuge, 2.8 mi S y 1.2 mi E junction of Hwy. 299 y Hwy. 395 en Alturas, Modoc Co., Calif.

Lat/Long/Datum: 41.45063, –120.50763 (WGS84)

Elevación: 1330 ft

Precisión del GPS: 7 m

Radio: 46 m

Referencias: GPS Garmin Etrex Summit para las coordenadas y precisión, altímetro barómetro para elevación.

Al registrar una ubicación que no tiene una entidad geográfica que pueda ser fácilmente referenciada, por ejemplo una ubicación de buceo en medio del océano (ver punto de entrada) o al usar algún otro marcador que sólo puede ser registrado como una latitud y una longitud, registre también la procedencia de la ubicación (p. ej. dispositivo o método utilizado para determinar las coordenadas como "transcripción de los registros del barco", etc.).

2.3. Extensión de una Ubicación

La extensión de una ubicación es la totalidad del espacio que ocupa. La extensión es una forma sencilla de alertar al usuario que, por ejemplo, todos los especímenes recolectados o las observaciones realizadas en las coordenadas indicadas estaban en realidad dentro de un área de hasta 0.5 kilómetros al rededor de ese punto. A veces puede ser muy útil incluir en sus notas de campo un mapa a gran escala (muy detallado) de las inmediaciones para cada localidad, marcando el área en la que los eventos ocurrieron realmente.

La extensión puede ser una distancia lineal, un área o un volumen representado por uno o más puntos con sus respectivos buffers (es decir un radio-punto), líneas con buffer (p. ej. transectos, secciones estratigráficas), polígonos u otras geometrías en dos o tres dimensiones (esferas, cubos, etc.).

Una ubicación puede ser anclada a una posición (como coordenadas, potencialmente en combinación con una elevación, profundidad y distancia sobre la superficie) dentro de una extensión. Esta puede ser la esquina o el centro de una [grilla], el centro de un polígono, el centro de un círculo, etc.

La extensión geográfica es el espacio ocupado por una ubicación cuando se proyecta en un [sistema de coordenadas de referencia] 2D a través de coordenadas geográficas (e.g. latitud y longitud en grados decimales con un datum WGS84 en Google Maps). El radio geográfico es el segmento de línea que parte desde el centro corregido de la ubicación hasta el punto más lejano del límite de la extensión geográfica de esa ubicación. Esta representación simplificada puede ser conveniente para muchos usos, siempre y cuando las referencias a la extensión estén presentes. Unicamente con las coordenadas, la naturaleza de la extensión y la variedad de condiciones encontradas se perderán, sacrificando así la utilidad de la información espacial sobre la ubicación y el contexto en los que se pueden utilizar los datos.

Cuando se registran observaciones, ya sea por personas o por instrumentos fijos de grabación como cámaras trampas (Cadman & González-Talaván 2014), grabadoras de sonido, etc. la extensión debe incluir el campo de visión efectivo (para trampas de cámara) o el área de detección de señales cubierta por las grabadoras de sonido, etc. En estos casos, la representación más fiel de la ubicación (la que incorpore la menor distancia máxima de incertidumbre) debería tener las coordenadas en el

centro de la extensión del campo de detección y no en la posición del dispositivo de grabación o de la persona que hace el registro. La ubicación real puede necesitar ser calculada a partir de las coordenadas del dispositivo usando el radio y el método de georreferenciación radio-punto. Si la posición del dispositivo o persona es la única forma práctica de dar las coordenadas, entonces el radio de la ubicación será la medida de la distancia al punto mas lejano del campo de detección.

Para actividades de buceo las coordenadas se registran como el punto de entrada al agua y la localidad se registra con referencia a ese punto de entrada. Por ejemplo, "el muestreo se realizó en una esfera aproximada de 30 metros de diámetro, cuyo centro se encontraba a 300 metros al oeste del punto de entrada a una profundidad de entre 50 y 100 metros". En estos casos, el radio debe ser lo suficientemente grande para cubrir la posición desde el punto de entrada hasta la extensión más lejana (ver Figura 7).

2.3.1. Transectos

Para una ubicación que corresponde a un transecto, se registra tanto el punto de inicio como el final de la línea. Esto permite preservar la orientación y dirección del transecto. Si los eventos asociados con el transecto ocurren dentro de una distancia máxima dada desde el transecto, es mejor representar la ubicación como un polígono (ver § 2.3.3). Si los eventos asociados con el transecto pueden ser razonablemente separados en sus ubicaciones individuales, es mejor hacerlo pues serán más específicos que el transecto como un conjunto. Sin embargo, si esto se hace, asegúrese de documentar que cada ubicación individual es parte de un transecto.

Si la localidad se registra como el centro del transecto y la mitad de la longitud del transecto se utiliza para describir la incertidumbre, se pierde información sobre la orientación del transecto y la descripción se convierte esencialmente en el equivalente a un círculo.

2.3.2. Rutas

No todas las ubicaciones basadas en trayectorias lineales son transectos o líneas rectas. Utilizamos el término ruta para resaltar este concepto más amplio. Algunos ejemplos ilustrativos son: observaciones *ad-hoc* realizadas mientras se camina por un sendero, un inventario o recuento de especies realizado mientras se viaja a lo largo de un río, rastrear los movimientos de un animal en específico. Transectos marinos, rastros, remolques y redes de arrastre son otros ejemplos. Las trayectorias deben describirse usando formas geométricas (ver la discusión en § 3.3.4) como segmentos de línea conectados (una cadena poligonal), con las coordenadas del punto de partida seguidas por las coordenadas de cada segmento que empieza y termina con el punto final. Una forma sencilla de almacenar y compartir estas formas geométricas es a través de Well-Known Text (WKT) (texto conocido) (ISO 2016, De Pooter et al. 2017, OBIS n.d., W.Appeltans, personal communication 15 Apr 2019).

Para determinar la incertidumbre de una ruta descrita usando el método de georreferenciación radio-punto se necesita determinar el centro corregido, es decir el punto sobre la ruta que describe el círculo mínimo que incluye la totalidad de la ruta ("c" en Figura 3). Este raramente corresponde al mismo lugar que el centro de una línea que une los dos extremos de la ruta ("y" en Figura 3), ni al centro de los extremos de la latitud y la longitud (el centro geográfico) de la ruta ("x" en Figura 3).

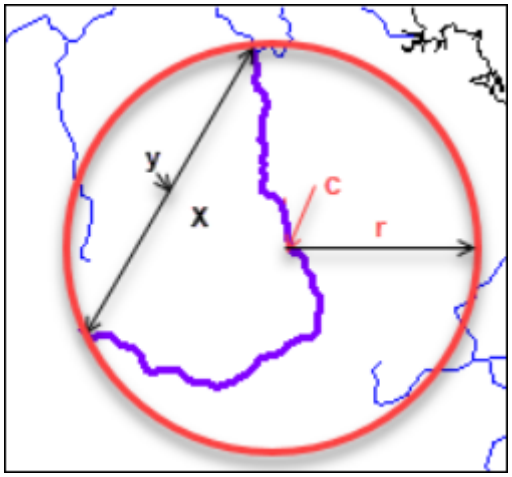

Figura 3. Una ruta (río) que muestra el centro del círculo mínimo que rodea a **x***, el punto medio entre los extremos del río* **y***, el centro corregido* **c** *y el radio* **r***.*

2.3.3. Polígonos

Al colectar o registrar datos de un área (por ejemplo el conteo de aves en un lago, un conjunto de sitios de anidación o descanso en un cayo de coral en alta mar o en un transecto con su correspondiente buffer) la ubicación estará mejor registrada a través de un polígono. Los polígonos se pueden almacenar usando el campo Darwin Core (Wieczorek et al. 2012b) denominado `dwc:footprintWKT` en el cual se puede almacenar una geometría usando el formato de texto Well-Known Text (ISO 2016). Para el método de georreferenciación radio-punto, si el polígono tiene una forma cóncava (por ejemplo una luna creciente) el centro puede no caer dentro del polígono (Figura 4). En ese caso, se usa el centro corregido en el límite más cercano del polígono como las coordenadas de la ubicación y el radio geográfico se mide desde este punto hasta el extremo más lejano del polígono. Tenga en cuenta que el círculo basado en el centro corregido (círculo rojo en Figura 4) siempre será más grande que el círculo basado en el centro geográfico (círculo negro en Figura 4).

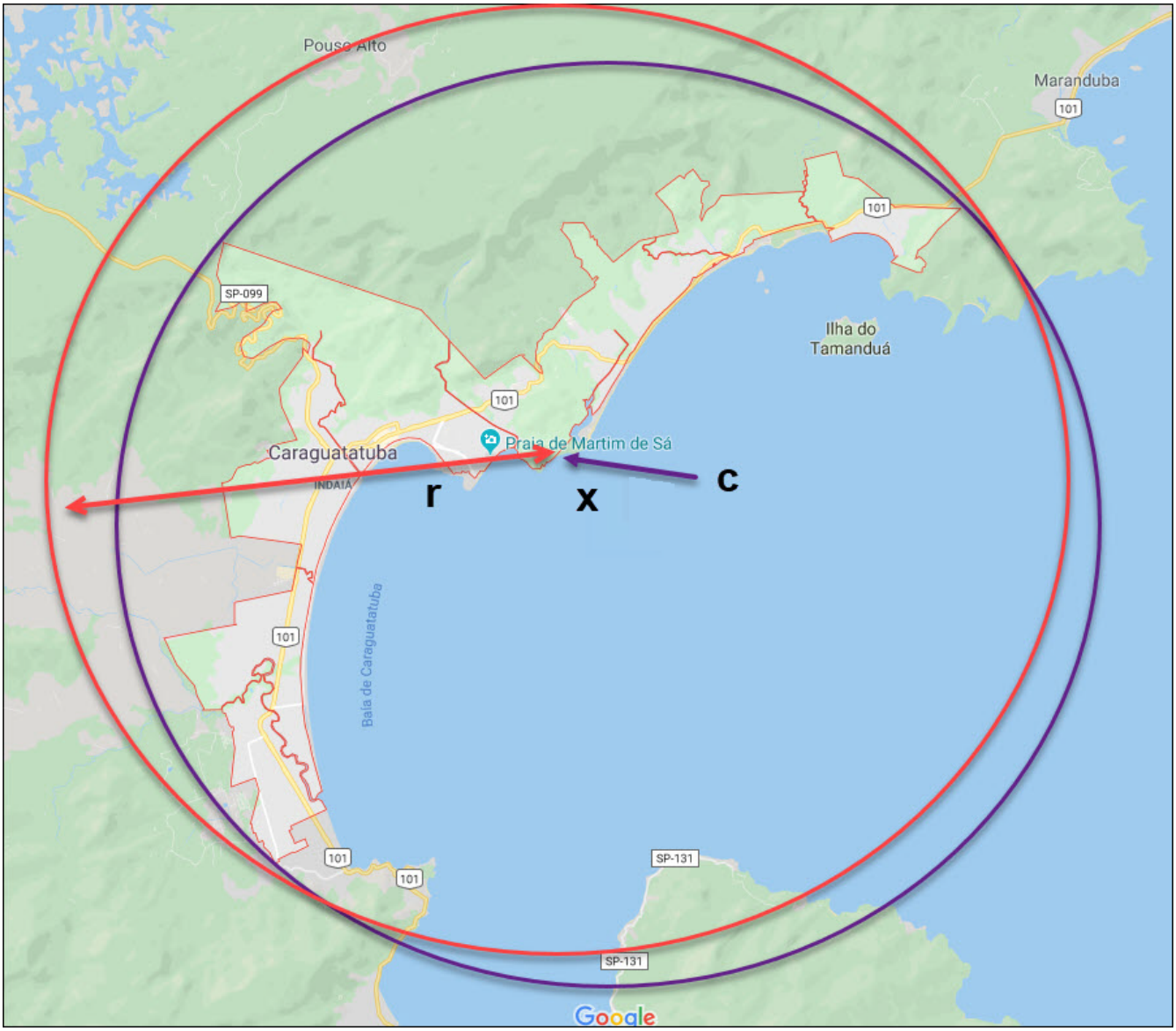

Figura 4. La ciudad de Caraguitatuba en Sao Paulo, Brasil (un polígono complicado), donde se muestra el centro **x** *del círculo mínimo que abarca toda la ciudad y el centro corregido* **c**, *el lugar más cercano a* **x** *sobre el límite del polígono.* **r** *es el radio geográfico del círculo rojo más grande.*

Los polígonos complejos (como los donas), los polígonos que se auto-intersectan y los multipolígonos generan aún más problemas, tanto en su documentación como en su almacenamiento.

2.3.4. Grillas

Las grillas pueden estar construidas a partir de líneas de latitud y longitud o pueden ser celdas en un sistema de coordenadas cartesiano basadas en distancias desde un punto de referencia. Normalmente las grillas están alineadas Norte-Sur y si no, es esencial registrar su declinación magnética. Si la extensión de una ubicación es una grilla de celdas, entonces la forma ideal de documentarla sería a través de un polígono conformado por las esquinas de la grilla (es decir, una caja delimitadora). El método radio-punto se puede utilizar para capturar las coordenadas del centro de la grilla de celdas y la distancia de allí a una de las esquinas más lejanas, pero dado que las geometrías de las grillas de celdas son tan simples, es mejor capturarlas también como polígonos. A menudo las grillas de celdas (p. ej. las grillas geográficas) se describen utilizando las coordenadas de la esquina sudoeste de la grilla. Usar la esquina sudoeste como georreferencia para el método radio-punto es poco recomendado, ya que el radio geográfico partiría de este punto hasta la esquina más lejana, lo que duplicaría el radio de lo que sería si se utilizara el centro de la grilla de celda. En cualquier caso, las características de la grilla deben ser registradas con la información de la localidad.

Es importante al convertir los datos de la grilla en coordenadas geográficas comprobar también la descripción de la localidad. La información de la localidad puede permitirle refinar la ubicación como se muestra en la Figura 5 donde sólo teniendo las grillas sin la información de la localidad (en específico "en Northey Island") conduciría a un círculo (c) con su centro (a) en el centro de la grilla. Saber que el registro está en Northey Island, permitirá refinar la ubicación al círculo mínimo (d) con su centro en (b). Tenga en cuenta que otros criterios (como un cambio de datum, escala del mapa, etc.) pueden ser añadidos a la incertidumbre.

Figura 5. Dos opciones para georreferenciar una ubicación en una grilla, 1) círculo **c** *con centro en* **a** *teniendo en cuenta sólo la grilla de celda y 2) círculo* **d** *con centro en* **b** *usando la parte de la grilla de celda restringida a estar en Northey Island.*

Township, Range and Section (TRS) y Equivalentes

El Township, Range and Section (TRS) o Public Land Survey System (PLSS) es una forma de [grilla] similar a dividir la superficie en centros poblados que se aplica en el medio oeste y oeste de los Estados Unidos. Las secciones suelen estar a una milla de cada lado y los centros poblados suelen constar de 36 secciones organizadas en una [grilla] con un sistema de numeración específico. Sin embargo, no todas las ciudades son cuadradas, ya que por ejemplo, puede haber irregularidades basadas en límites administrativos. Por esta razón, aunque estos sistemas se parecen a las grillas, son mejor tratados como polígonos individuales. Subdivisiones similares se utilizan en otros países

Quarter Degree Grid Cells

Quarter Degree Grid Cells (QDGC) (Larsen et al. 2009, Larsen 2012) and their predecessor Quarter Degree Squares (QDS) have been used in many historical African biodiversity atlas projects and continue to be used for current South African biodiversity projects such as the Atlas of South African birds (Harrison et al. 1997). It has also been recommended as the method to use for generalizing sensitive biodiversity data in South Africa (SANBI 2016, Chapman 2020).

The QDGC method for recording grids follows an earlier system (QDS) that was developed for South Africa, and only worked in southern Africa, i.e. in the southern and eastern hemispheres. Larsen et al. (2009) provided an extension to the QDS standard that allowed the methodology to be used across the world in all hemispheres. To do this, they adapted the reference system to address locations independent of the hemisphere. This required the addition of characters delimiting north/south and east/west positions. An extra Zero was added to east/west references to pad to three characters. They changed the reference position for the grids to that which is closest to the Prime Meridian and

the Equator (i.e., in northern hemisphere Africa, for example to the bottom left, while retaining the top left for southern Africa). The code is designated by:

- A symbol denoting the eastern or western hemispheres (E or W).
- The three-digit degree of longitude.
- A symbol denoting the northern or southern hemisphere (N or S).
- The two digit degree of [latitude].
- Each degree square is then divided into sixteen quarter-degree squares, each 15′ x 15′. These are given two additional letters as indicated. Thus in Figura 6, the green square is represented by the code E032S18CB.

The earlier Quarter Degree Square (QDS) methodology references this square as 3218CB. The QDS methodology is still commonly used in southern Africa, but is easily translatable to the QDGC system.

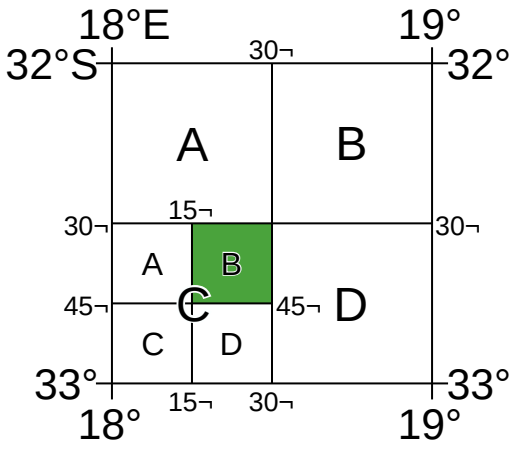

Figura 6. Recording data using Quarter Degree Grid Cells (QDGC). The filled green grid cell is referenced as QDCC E032S18CB. Image with permission from RePhotoSA.

2.3.5. Formas Tridimensionales

La mayoría de las ubicaciones terrestres se registran con referencia a la superficie terrestre como coordenadas geográficas, a veces con elevación. Algunos tipos de eventos marinos tales como inmersiones y arrastres, se benefician de una descripción explícita en tres dimensiones.

Los eventos de buceo se registran comúnmente utilizando las coordenadas geográficas del punto en la superficie donde el buzo entra en el agua, llamado punto de entrada o punto de inmersión. La ubicación bajo el agua debe registrarse como una distancia horizontal y una dirección junto con la profundidad desde la ubicación en la superficie (ver Figura 7). Debajo de la superficie el buceador puede entonces comenzar un ejercicio de colección/observación en tres dimensiones desde ese punto incluyendo un componente horizontal y una profundidad mínima y máxima dentro del agua. Todos estos datos deberían ser registrados. El punto de referencia debe ser el centro corregido de la forma tridimensional (3D) que incluye la extensión de la ubicación. El radio geográfico sería la distancia desde el centro corregido de la forma 3D (las tres dimensiones proyectadas perpendicularmente sobre la superficie) hasta la extremidad más lejana de la proyección de la forma 3D en el plano horizontal (es decir en el límite geográfico).

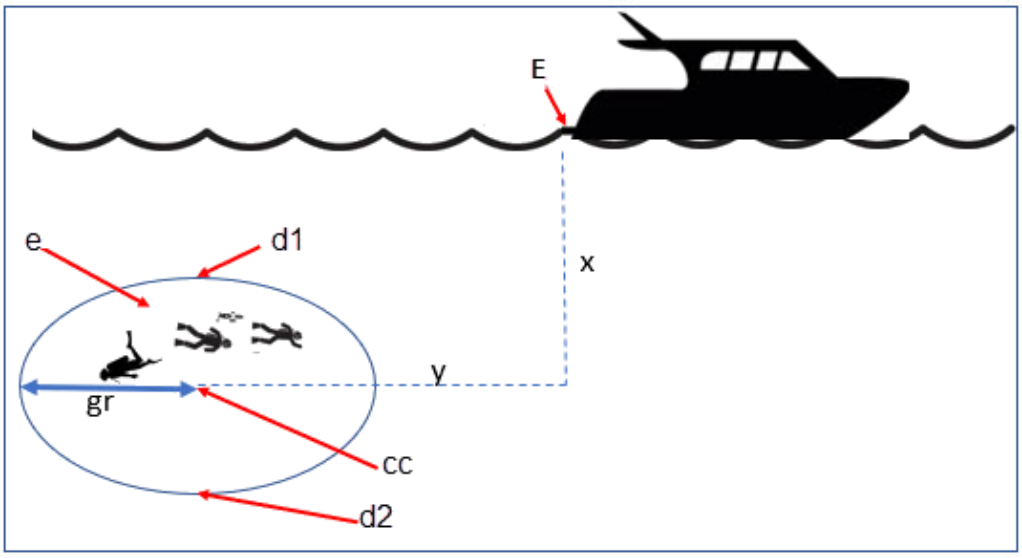

Figura 7. Registro de la ubicación de un evento subacuático. **E** *indica el punto de entrada, la ubicación de la superficie en la que se registran las coordenadas geográficas.* **x** *es la profundidad de agua,* **y** *es el desplazamiento horizontal (distancia y dirección) desde* **E** *hacia el centro de la ubicación. La extensión* **e** *es la ubicación tridimensional cubierta por el evento. El centro corregido* **cc** *es el punto dentro de la forma 3D que minimiza la longitud del radio geográfico* **gr**. *La profundidad mínima* **d1** *y la profundidad máxima* **d2** *son los límites superiores e inferiores de la ubicación.*

Hay muchos tipos diferentes de arrastres y remolques, incluyendo arrastres de fondo y niveles medios. La naturaleza 3D debe ser capturada como se muestra arriba. Los puntos de referencia geográficos serían segmentos de línea que siguen la ruta del arrastre y serían más similares a rutas y documentados como una forma geométrica como se describe en §2.3.2.

2.4. Coordenadas

Siempre que sea práctico, se deben proporcionar las coordenadas de la ubicación donde ocurrió el evento (ver § 2.3) y acompañarlas con el [sistema de coordenadas de referencia] de la fuente de las coordenadas (mapa o GPS). Los dos sistemas de coordenadas más comúnmente utilizados por los biólogos se basan en coordenadas geográficas (es decir, latitud y longitud) o Universal Transversa de Mercator (UTM) (es decir, este,[norte] y zona UTM).

El datum es una parte esencial de un [sistema de coordenadas de referencia] pues proporciona el marco de referencia de las coordenadas. Sin este, las coordenadas son ambiguas. Cuando se utilizan mapas y GPS en campo, debe configurarse el sistema de referencia de coordenadas o datum del receptor GPS o GNSS para que sea el mismo que el del mapa, de esta forma las coordenadas GPS de una ubicación coincidirán con las del mapa. Asegúrese de registrar el sistema de coordenadas de referencia o datum utilizado.

2.4.1. Coordenadas Geográficas

Las coordenadas geográficas son una forma conveniente de definir una ubicación de una manera que no sólo es más específica que la descripción de una localidad, sino que también permite realizar cálculos en SIG fácilmente. Las coordenadas geográficas pueden ser expresadas en diferentes formatos de coordenadas (grados decimales, grados minutos segundos, grados minutos decimales), siendo los grados decimales los más comúnmente utilizados. Las coordenadas geográficas en grados decimales son convenientes para georreferenciar porque este formato sucinto tiene aplicabilidad global y se basa en sólo tres atributos, uno para la latitud, uno para la longitud y uno para el datum geodésico o elipsoide, que, junto con el formato de coordenada, componen el sistema de referencia de coordenadas. Al mantener al mínimo el número de atributos registrados, los posibles errores de transcripción se minimizan (Wieczorek et al. 2004).

Al capturar coordenadas geográficas, incluya siempre tantas cifras decimales de precisión como indique la fuente de las coordenadas. Las coordenadas en grados decimales con cinco cifras decimales son más precisas que una medición en grados-minutos-segundos al segundo más cercano y más precisa que una medición en grados minutos decimales con tres decimales (ver Tabla 3). Algunos nuevos receptores GPS/GNSS capturan datos en segundos decimales a dos decimales, que corresponde a menos de un metro en cualquier parte de la Tierra. Esto no significa que la lectura del GPS sea precisa en esa escala, sólo que las coordenadas proporcionadas no aportan una incertidumbre adicional.

Los grados decimales se prefieren al capturar coordenadas de un GPS, sin embargo, donde la referencia a los mapas sea importante y donde el receptor GPS lo permita, establezca el dispositivo para que reporte en grados, minutos y segundos decimales.

2.4.2. Coordenadas Universales Transversales de Mercator (UTM)

Universal Transversa de Mercator (UTM) es un sistema para asignar coordenadas basadas en distancia usando la [proyección] de Mercartor desde un elipsoide idealizado de la superficie de la tierra sobre una superficie plana. En la mayoría de las aplicaciones del sistema UTM, la Tierra se divide en una serie de zonas longitudinales de seis grados de ancho que se extienden entre 80°S y 84°N y están numeradas del 1 al 60 comenzando con la zona en el Antimeridiano (Snyder 1987). Debido a la limitación en la extensión latitudinal, las coordenadas UTM no pueden ser usadas en los extremos de las regiones polares de la Tierra. Un mapa de zonas UTM puede ser encontrado en Grilla de Zonas UTM del Mundo (Morton 2006).

Las coordenadas UTM consisten en un número de zona, un indicador del hemisferio (N o S) y pares de coordenadas este y [norte] de 6 y 7 dígitos respectivamente, separadas por un espacio, todo esto en el orden dado aquí. Por ejemplo, las coordenadas para el Big Ben en Londres (latitud 51.500721, longitud −0.124430) en el sistema de referencia UTM serían: 30N 699582 5709431.

Las bandas de latitud no son oficialmente parte de UTM, pero se utilizan en el Sistema de Referencia de la Red Militar (MGRS). Se usan en muchas aplicaciones, incluso en Google Earth. Cada zona está subdividida en 20 bandas latitudinales, con letras usadas de Sur a Norte comenzando desde la "C" a 80°S hasta la "X" (extendidas por 4 grados adicionales) a 72°N (hasta 84°N) y omitiendo la "O". Todas las letras debajo de "N" están en el hemisferio sur y encima de "N" están en el hemisferio norte. Cuando se utilizan bandas latitudinales, "norte" y "sur" se deben escribir de forma completa para evitar confusión con las bandas latitudinales de "N" y "S". Utilizando el método de banda latitudinal, las coordenadas para Big Ben sería: 30T 699582m este 570941m norte.

Los sistemas de grillas nacionales y locales derivados de UTM, pero que pueden estar basado en diferentes elipsoides y datums, se utilizan básicamente de la misma manera que UTM. Por ejemplo, el Mapa de Grillas de Australia (MGA2020) utiliza UTM con el elipsoide GRS80 y el Datum Geocéntrico de Australia (GDA2020) (Geoscience Australia 2019b). Un ejemplo de una ubicación en MGA2020 es "MGA Zone 56, x: 301545 y: 7011991"

Al registrar una <ubicación>> o bases de datos usando UTM o coordenadas equivalentes, SIEMPRE se debe incluir la zona, de lo contrario los datos son de poco o ningún valor cuando se utilizan fuera de esa zona y ciertamente de poco uso cuando se combinan con datos de otras zonas. A menudo no se reportan las zonas cuando una región (p. ej. Tasmania) cae completamente dentro de una zona de UTM. Esto está bien mientras que la base de datos sea regional pero no es apta para el intercambio fuera de esa zona. Al exportar datos de bases de datos como estas, la zona de la región debe ser añadida antes de exportar o transferir, o mejor aún, modificar la base de datos para que la zona se documente junto con las coordenadas.

Tenga en cuenta que el Darwin Core (Wieczorek y al. 2012b) sólo soporta coordenadas UTM en el

campo `verbatimCoordinates`. Hay varias herramientas para convertir las coordenadas UTM a coordenadas geográficas, incluyendo Conversor de Coordenadas Geográficas/UTM (Taylor 2003), ver Herramientas de Georreferenciación. Para más detalles sobre georreferenciación, ver Coordenadas – Universales Transversas de Mercator (UTM) en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

Si usa coordenadas UTM siempre registre la zona UTM y el datum del sistema de referencia de coordenadas.

2.5. Sistema de Referencia de Coordenadas

Excepto en circunstancias especiales (en los polos por ejemplo), las coordenadas sin un sistema de referencia de coordenadas no especifican de forma única una ubicación. La confusión sobre el sistema de referencia de coordenadas puede resultar errores de posicionamiento de cientos de metros. Los cambios posicionales entre lo que se registra en algunos mapas y WGS84, por ejemplo, pueden estar entre cero y 5359 m (Wieczorek 2019).

Frecuentemente se utiliza (incorrectamente) un conjunto no oficial (no guiado por un cuerpo de estándares) de códigos EPSG (IOGP 2019) para designar datums. Existen códigos EPSG para una variedad de entidades (sistemas de referencia de coordenadas, áreas de uso, meridianos cero, elipsoides, etc.) además de los de los datums y a menudo se confunden los códigos para estos. Por ejemplo, el código para el sistema de coordenadas WGS84 es epsg:4326, mientras que el código para el datum WGS84 es epsg:6326 y el código para el elipsoide WGS84 es epsg:6422. El código EPSG tiene la ventaja (cuando se elige correctamente) de ser explícito respecto al tipo de entidad al que se refiere, a diferencia del nombre común (p. ej. "WGS84" que por sí solo podría referirse al sistema de referencia de coordenadas, el datum o el elipsoide). Es cada vez más común que las unidades GPS reporten los sistemas de coordenadas de referencia usando los códigos EPSG. Conociendo el código EPSG para el sistema de referencia de coordenadas, se puede determinar el datum y elipsoide para ese sistema. Por lo tanto, se recomienda registrar el código EPSG del sistema de referencia de coordenadas si es posible, de lo contrario, registre el código EPSG del datum si es posible y de lo contrario, registre el código EPSG del elipsoide. Si ninguno de estos se puede determinar a partir de la fuente de coordenadas, documentelo como "no registrado". Esto es importante, ya que permite determinar la incertidumbre debida al desconocimiento del datum (ver [Incertidumbre por Desconocimiento del Datum]) la cual tiene implicaciones potencialmente drásticas para el cálculo de la distancia máxima de incertidumbre.

Las fuentes de los códigos EPSG incluyen epsg.io (Maptiler 2019), Apache 2019, EPSG Dataset v9.1(IOGP 2019) y Soluciones Geomáticas 2018. Cuando se utiliza un GPS, es importante establecer y registrar el código EPSG del sistema de referencia de coordenadas o datum. Ver la discusión debajo en § 3.4.

Si no está basando la descripción de su localidad en un mapa, ajuste su GPS para que reporte las coordenadas usando el datum WGS84 o un datum local reciente que se aproxime a WGS84 (que puede, por ejemplo, estar legislado para su país) o el Sistema de Referencia de Coordenadas apropiado (Código EPSG). Registre el datum utilizado en toda su documentación.

2.6. Usando un GPS

La tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global) utiliza la triangulación entre un receptor GPS/GNSS y satélites GPS o GNSS (Kaplan & Hegarty 2006, Van Sickle 2015, Novatel 2015). Como los satélites GNSS están en posiciones conocidas en el espacio y el receptor GPS/GNSS puede

determinar las distancias a los satélites detectados, se puede calcular la posición del receptor sobre la tierra. Se requiere un mínimo de cuatro satélites GNSS para determinar una posición en la superficie de la tierra (McElroy et al. 2007, Van Sickle 2015). Esto en general no es una limitación hoy en día, ya que se pueden recibir señales de un gran número de satélites (hasta 20 o más en algunas áreas). Sin embargo, hay que tener en cuenta que sólo porque el receptor GNSS esté mostrando muchos satélites, no significa que todos se estén utilizando a la vez, ya que la capacidad del receptor para hacer uso de satélites adicionales puede estar limitada por su poder computacional (Novatel 2015). En el pasado, muchas unidades GPS sólo hacían referencia a los satélites GPS (EE.UU.) de los cuales actualmente hay 31 (abril de 2019) pero ahora muchos receptores GPS/GNSS están diseñados para acceder a sistemas de otros países, como GLONASS (Rusia), BeiDou-2 (China), Galileo (Europa), NAVIC (India) y QZSS (Japón), para un total de 112 satélites actualmente accesibles (2019) junto a otros 23 que se pondrán en funcionamiento en los próximos años. Este número está aumentando rápidamente cada año (Braun 2019). Previo a eliminar la Disponibilidad de Selección en mayo de 2000, la exactitud en el campo de los receptores GPS portátiles era de alrededor de 100 metros o más (McElroy et al. 2007, Leick 1995). La eliminación de esta técnica de degradación de señales ha mejorado mucho la exactitud que se puede esperar ahora de los receptores GPS (GPS.gov 2018).

Para obtener la mejor exactitud posible, el receptor GPS/GNSS debe estar situado en una zona libre de obstrucciones superiores y de superficies reflectantes, también debe tener un buen campo de visión de una porción amplia del cielo (por ejemplo, no funcionan muy bien bajo un bosque de dosel denso, aunque la nueva tecnología de señal por satélite está mejorando la exactitud en estas ubicaciones (Moore 2017)). El receptor GPS/GNSS debe ser capaz de registrar señales de al menos cuatro satélites GNSS en un arreglo geométrico adecuado. El mejor arreglo es tener "*un satélite directamente encima y los otros tres igualmente espaciados alrededor del horizonte*" (McElroy et al. 2007). El receptor GPS/GNSS también debe estar configurado con un datum o sistema de referencia de coordenadas (SRC) apropiado para el área. El datum o SRC usado debe ser documentado (Chapman 2005a).

Configure su GPS para reportar las ubicaciones en grados decimales, en lugar de hacer una conversión desde otro sistema de coordenadas, ya que este sistema suele ser más preciso (ver Tabla 3), mejor y más fácil de almacenar. De esta manera se evitan las transformaciones posteriores, que pueden introducir errores.

Una alternativa, cuando la referencia a los mapas es importante y cuando el receptor GPS lo permita, es configurar el receptor para reportar en grados, minutos y segundos decimales.

2.6.1. Eligiendo un receptor GPS o GNSS

Uno de los problemas más importantes para tener en cuenta al elegir un receptor GPS o GNSS es la antena. Una antena se comporta tanto como un filtro espacial y de frecuencia, por lo tanto, seleccionar la antena correcta es fundamental para optimizar el rendimiento (Novatel 2015). Uno de los inconvenientes con los teléfonos inteligentes, por ejemplo, es el tamaño limitado de la antena GNSS.

Para obtener información sobre problemas a tener en cuenta al seleccionar una antena GNSS adecuada y/o un receptor GPS, lo remitimos al Capítulo 2 en Novatel 2015 y al Capítulo 10 en NLWRA 2008.

2.6.2. Exactitud del GPS

La mayoría de los dispositivos GPS son capaces de reportar una exactitud horizontal teórica basada en las condiciones locales en el momento de la lectura (condiciones atmosféricas, reflectancia,

cobertura forestal, etc.). Para ubicaciones muy específicas, puede ser posible que el error potencial en la lectura del GPS esté en el mismo orden de magnitud que la extensión de la ubicación. En estos casos, la exactitud del GPS puede hacer una contribución no trivial a la incertidumbre total de una georreferencia.

El último compromiso del Gobierno de los Estados Unidos (Departamento de defensa de los Estados Unidos y GPS Navstar 2008) consiste en transmitir la señal de GPS desde el espacio "*con un error de rango de usuario (URE) promedio global de 7.8 m (25.6 ft.), con probabilidad del 95%*". En la realidad el comportamiento puede exceder estos valores y en Mayo de 2016, el promedio global (URE) fue ≤ 0.715 m (2.3 ft.), 95% del tiempo (GPS.gov 2017). Aunque esto no significa que todos los receptores puedan obtener esa exactitud, la exactitud de los receptores GPS ha mejorado y hoy en día la mayoría de los fabricantes de unidades GPS portátiles aseguran errores de menos de 5 metros en áreas abiertas cuando utilizan cuatro o más satélites. La necesidad de contar con cuatro o más satélites para lograr estas exactitudes se debe a las imprecisiones en los relojes de los receptores GPS frente a los relojes de los satélites que son mucho más precisos (Novatel 2015). La precisión puede mejorarse promediando los resultados de múltiples observaciones de una misma ubicación (McElroy et al. 2007) y algunos receptores GPS modernos que incluyen algoritmos de promedio pueden llevar la precisión a alrededor de tres metros o menos. De acuerdo con GISGeography 2019a, "*Un receptor GPS bien diseñado puede lograr una exactitud horizontal de 3 metros o mejor y una exactitud vertical de 5 metros o mejor el 95% de las veces. Los sistemas GPS Aumentados pueden proporcionar exactitud inferior al metro*". Otro método para mejorar la precisión es promediar sobre más de una unidad GPS. Tenga en cuenta que algunos receptores GPS/GNSS pueden registrar hasta 20 cifras decimales de precisión pero eso no significa que esa sea la exactitud de la unidad.

2.6.3. GNSS Diferencial

El uso de GNSS diferenciales (DGNSS) (incluyendo GPS Diferenciales (DGPS)) puede mejorar la exactitud considerablemente. El DGNSS tiene como referencia una Estación Base GNSS (normalmente un punto de control de consulta) en una posición conocida para calibrar la señal GNSS recibida. La Estación Base y el receptor de GNSS portátil referencian la posición de los satélites al mismo tiempo y esto reduce el error generado por las condiciones atmosféricas, así como (en menor medida) las efemérides satelitales (ubicación orbital) y el error del reloj (Novatel 2015). El instrumento GNSS portátil aplica las correcciones apropiadas para determinar la posición. Dependiendo de la calidad de los receptores utilizados, se puede esperar una exactitud de <1 metro (USGS 2017). Esta exactitud disminuye a medida que aumenta la distancia del receptor desde la Estación Base. Es importante señalar que la tecnología diferencial no está disponible en todas las áreas, por ejemplo en ubicaciones e islas remotas y que la exactitud resultante puede ser menor de la esperada. De nuevo, promediar las medidas puede mejorar aún más estos valores (McElroy et al. 2007). Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de los DGNSS deben procesarse posteriormente. Los registros se almacenan en la unidad GPS/GNSS y luego una vez esté conectado a un equipo de computo, se ejecuta el software de post-procesamiento para mejorar las mediciones. El procesamiento posterior no se utiliza tan comúnmente desde la introducción de los DGNSS en tiempo real, como el Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) (vea la subsección a continuación) y ahora se utiliza principalmente en situaciones en las que se requiere un alto nivel de exactitud.

Los requerimientos sobre la exactitud de la posición horizontal marina son de 2-5 metros (con un nivel de confianza del 95 por ciento) para la seguridad de la navegación en aguas continentales, 8-20 metros (95%) en las entradas y aproximaciones a puertos y una exactitud de posición horizontal de 1-100 metros (95%) para la exploración de recursos en las regiones costeras (Skone et al. 2004, Skone & Yousuf 2007). El límite del error en un DGNSS horizontal está especificado como 10 metros (95%) y estudios han demostrado que en condiciones de funcionamiento normales, la exactitud se encuentra dentro de este límite.

La exactitud de los DGNSS es susceptible a una disminución severa debido al aumento de los efectos

ionosféricos asociados con las tormentas geomagnéticas. La disminución puede ser del orden de 2-30 veces en algunas zonas y depende de la gravedad de la tormenta.

2.6.4. Sistema de Aumentación Basado en Satélites

Los Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) consisten en un conjunto de satélites geosincrónicos originalmente desarrollados para la navegación precisa de aeronaves (Federal Aviation Administration 2020) y recientemente para proporcionar servicios para mejorar la exactitud, integridad y disponibilidad de las señales GNSS básicas (Novatel 2015). Los receptores de SBAS son ejemplos de bajo costo de corrección diferencial en tiempo real. Los SBAS utilizan una red de estaciones de referencia en tierra para medir pequeñas variaciones en las señales de los satélites GNSS. Las mediciones de las estaciones de referencia son enrutadas a estaciones maestras, que ponen la Corrección de Desviación (DC) recibida en cola y envían los mensajes de corrección a satélites geoestacionarios. Esos satélites transmiten los mensajes de corrección de vuelta a la Tierra, donde los receptores GPS/GNSS habilitados para SBAS usan las correcciones mientras calculan sus posiciones para mejorar la exactitud. Las correcciones se calculan de forma independiente para el retraso ionosférico, la sincronización temporal de los satélite y las órbitas satelitales (efemérides), lo que permite que las correcciones del error sean procesadas por separado, si es apropiado, por la aplicación del usuario.

Sistema de Aumentación de Área Amplia

El primer sistema Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) era un WAAS (Sistema de Aumentación de Área Amplia), el cual fue desarrollado originalmente para proporcionar una exactitud mejorada en los GPS y un nivel certificado de integridad a la industria de la aviación de los Estados Unidos, como permitir que los aviones realicen aproximaciones de precisión al acercarse a los aeropuertos y para la navegación costera. Posteriormente se amplió para cubrir Canadá y México, proporcionando una cobertura consistente sobre Norteamérica.

Servicio Europeo de Superposición de Navegación Geoestacionaria

El Servicio Europeo de Superposición de Navegación Geoestacionaria (EGNOS, por sus siglas en Inglés) se desarrolló como un sistema de corrección que mejora la exactitud de posiciones derivadas de señales GPS y que alerta a los usuarios sobre la fiabilidad de la señal. Originalmente desarrollado utilizando tres satélites geoestacionarios que cubren los estados miembros de la Unión Europea, los satélites EGNOS ahora también se han posicionado sobre el Océano Atlántico oriental, el Océano Índico y el Continente Medio Africano.

Otros Servicios SBAS

Más recientemente, otros Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) han sido o están en proceso de ser desarrollados para cubrir otras partes del mundo. incluyendo MSAS (Japón y partes de Asia), GAGAN (India), SDCM (Rusia), SNAS (China), AFI (Portugal) y SACCSA (América del Sur y Central) (ESA 2014). Australia y Nueva Zelanda están en proceso de desarrollar un sistema SBAS que proporcionará una exactitud de varios decímetros en Australia y sus zonas marinas y una exactitud de un decímetro en toda Nueva Zelanda. El sistema proporcionará tres servicios a los usuarios: un sistema L1 con menos de un metro horizontal de exactitud para propósitos de aviación, un servicio de Frecuencia Dual Multi-Constelación (DFMC, por sus siglas en inglés) con menos de un metro de exactitud y un servicio de Posicionamiento Preciso de Puntos (PPP) (ver [Posicionamiento Preciso de Puntos]) con precisiones de 10-15 cm (Guan 2019). Las pruebas están programadas para completarse en Julio de 2020 (Geoscience Australia 2019a).

Precisión de los servicios de SBAS

Un estudio de 2016 determinó que, en la mayoría de los Estados Unidos, la exactitud de las unidades GPS de una sola frecuencia con Sistema de Aumentación de Área Amplia (WAAS), estaban en el orden de 1.9 metros al menos el 95 por ciento del tiempo. (FAA 2017). Esto puede ser menor en otras partes del mundo donde las estaciones Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) son menos comunes. Tenga en cuenta que como la mayoría de los satélites SBAS son geoestacionarios, si se bloquea la línea de visión hacia el ecuador (hacia el sur en el hemisferio norte o hacia el norte en el hemisferio sur) por edificios o una cobertura de dosel densa, se reducirá la precisión de la corrección SBAS. Incluso, durante las tormentas solares, la exactitud se deteriora en un factor de alrededor de 2.

A pesar de que un inicio se había indicado que WAAS podría mejorar significativamente la exactitud de la posición durante los períodos más severos de tormentas geomagnéticas, estudios más recientes en los Estados Unidos y Canadá han demostrado que la escasez de las estaciones de WAAS y las redes ionosféricas no conducen a una mejora significativa. (Skone & Yousuf 2007). Con estaciones de referencia que necesitan separaciones de menos de 100 km, las mejoras sólo son probables dentro del futuro predecible en las zonas costeras y cercanas de Norteamérica y Europa.

2.6.5. Sistema de Aumentación Basado en Tierra

Los Sistemas de Aumentación de Base Terrestre (GBAS), también conocidos como Sistemas de Aumentación de Área Local (LAAS), proporcionan correcciones diferenciales y monitoreo de integridad satelital en conjunto con la radio VHF para enlazar a receptores GNSS. Una GBAS consiste en varias antenas GNSS instaladas en lugares conocidos con un sistema de control central y un transmisor de radio VHF. GBAS está limitado en su cobertura y se utiliza principalmente para usos específicos que requieren altos niveles de exactitud, disponibilidad e integridad y es un sistema ampliamente utilizado para los sistemas de navegación aeroportuaria.

2.6.6. Punto Preciso de Posicionamiento

El Punto Preciso de Posicionamiento (PPP) depende del reloj del satelite GNSS y las correcciones orbitales, generadas a partir de una red de estaciones globales de referencia para eliminar el error del sistema GNSS y proporcionar un alto nivel (decimetro) de exactitud en la posición. Una vez calculadas las correcciones, se envían al usuario final vía satélite o a través de Internet.

Aunque es similar a los sistemas Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) (ver arriba), generalmente proporcionan una mayor exactitud y tienen la ventaja de proporcionar un flujo de referencia global único, en comparación con la naturaleza regional de un sistema SBAS. Considerando que los SBAS son gratuitos y que el uso de PPP suele incurrir en un gasto para poder acceder a las correcciones es poco probable que el aumento de la precisión de PPP, en comparación con la de la SBAS, sea considerado para la mayoría de las aplicaciones biológicas.

2.6.7. GPS Estático

El GPS Estático utiliza instrumentos de alta precisión y técnicas especializadas, generalmente es usado solo por topógrafos. Los estudio topográficos realizados en Australia utilizando estas técnicas reportan exactitudes en el rango de centímetros. Es poco probable que estas técnicas se utilicen extensivamente en la colecta de registros biológicos debido al costo y la falta general de necesidad de tal precisión.

2.6.8. GPS 's Duales y Multi-Frecuencia

Los dispositivos GPS/GNSS de alta frecuencia (dual y múltiple) pueden dar una exactitud a nivel del centímetros e incluso a nivel de mm a largo plazo (GPS.gov 2017). Una de las maneras en que se logra

esto es eliminando una de las mayores fuentes generales de error del satélite: error debido a la ionósfera (conocido como error de ionósfera) (Novatel 2015).

2.6.9. Teléfonos Inteligentes

Los teléfonos inteligentes equipados con GPS típicamente cuentan con una exactitud de 4.9 m (16 ft.) a cielo abierto, sin embargo, su exactitud decrece cerca de edificios, puentes y árboles (GPS.gov 2017). Un estudio realizado por Tomaštik et al. 2017 determinó que la exactitud de los teléfonos inteligentes en áreas abiertas era de alrededor de 2-4 m. Ésta disminuyó a un rango de 3-11 m en un bosque caducifolio sin hojas y 3-20 m en un bosque caducifolio con hojas. Hay informes de que la precisión en algunos teléfonos inteligentes habilitados con GPS pronto mejorará a <1 metro (Moore 2017) y que la exactitud en áreas con vista satelital restringida dentro de las ciudades mejorará drásticamente con aplicaciones 3D incorporadas a los teléfonos inteligentes y con la coincidencia probabilística de sombras (Iland et al. 2018). En general, los dispositivos GNSS en los teléfonos inteligentes son bastante buenos y cualquier pérdida de exactitud se debe generalmente a la calidad de la antena, cuyo fallo principal se debe a una supresión de trayectos múltiples deficiente (Pirazzi et al. 2017). En algunos teléfonos inteligentes cuando no hay una buena disponibilidad de cobertura satelital (e.g. en ciudades y bosques), el teléfono puede introducir errores debido al sesgo en su reloj interno (Pirazzi et al. 2017), dando lugar ocasionalmente a inexactitudes grandes (Arturo Ariño Oct 2019, pers. comm.). Actualmente ya existe la tecnología para mejorar la exactitud de los teléfonos inteligentes a menos de 1 metro, pero no está disponible para el público debido a la dificultad y el costo de incorporar la tecnología en teléfonos inteligentes pequeños (Braun 2019). Las exactitudes reportadas en la mayoría de las publicaciones se refieren a estudios en los Estados Unidos, Europa, la costa australiana, India o Japón, donde abundan las estaciones diferenciales. Se necesitan más estudios para probar la exactitud de los teléfonos inteligentes en ubicaciones remotas y donde no hay estaciones diferenciales disponibles.

La tecnología GPS de los teléfonos inteligentes está cambiando rápidamente y es probable que haya información nueva y actualizada incluso antes de que se publique este documento.

2.6.10. Cámaras Equipadas con GPS

No conocemos las características de la exactitud de las cámaras equipadas con GPS pero esperamos que la precisión sea similar a la de los teléfonos inteligentes. Un estudio, usando tres cámaras diferentes, mostró variación entre las tres con una ubicación real inferior a 3 m desde la ubicación reportada (https://www. log.jimdoty.com/?p=14661[Doty 2017^]). Tenga en cuenta que las cámaras GPS que se utilizan para realizar actividades de buceo y snorkel, sólo darán nuevas lecturas de GPS cada vez que la cámara llegue a la superficie.

2.6.11. Receptores GPS Subacuáticos Remolcado por Buzos

A lo largo de los años, se han probado una serie de métodos para rastrear buzos bajo el agua con un GPS con un éxito limitado. Estos incluyeron el uso de un receptor GPS flotante sobre las burbujas del buzo y un receptor de GPS en una balsa remolcada por el buzo que registraba lecturas intermitentes para proporcionar un transecto de inmersión (Schories & Niedzwiedz 2011). El más exitoso hasta la fecha ha sido el uso de una antena GPS en una boya flotante que está conectada por un cable a un GPS que lleva el buzo. Estos receptores submarinos GPS/GNSS portátiles remolcados por buzos han sido utilizados para estudios de monitoreo subacuático por varios años. La mayoría de las inmersiones utilizando este método están a <20 metros, ya que la señal se deteriora con la longitud del cable dando una profundidad práctica máxima de 50 metros (Niedzwiedz & Schories 2013). Un problema es el arrastre de los cables y es casi imposible determinar exactamente el desplazamiento de las boyas, aunque en Niedzwiedz & Schories 2013 se proporciona fórmulas para intentar hacerlo. Un estudio realizado por los mismos autores (Schories & Niedzwiedz 2011) mostró un desplazamiento de 2.3 m a una profundidad de 5 m, 3.2m a 10-m de profundidad, 4.6 m a 20-m de profundidad, 5.5 m a 30-m de

profundidad y 6.8 m a 40-m de profundidad. Estos son adicionales a la exactitud del GPS discutida en § 2.6.2.

2.7. Elevación

Si es posible obtenerla fácilmente, complemente la descripción de la localidad con la información de elevación. La elevación puede determinarse en campo a partir de una variedad de fuentes, incluyendo los altímetros, mapas (tanto digitales como en papel) y receptores GPS/GNSS, cada uno con incertidumbres asociadas. La elevación se puede estimar después del evento usando Modelos Digitales de Elevación a partir de las coordenadas de la ubicación. En cualquier caso, registre el método utilizado para determinar la elevación.

> Las marcas de elevación pueden restringir el área en la que se ubica un punto. Sin embargo, la mayoría de las veces parecen crear inconsistencias. Si bien la elevación no debe ser ignorada, es importante darse cuenta de que la elevación a menudo fue medida de forma incorrecta y/o imprecisa, especialmente a principios del siglo XX. Uno de los mejores usos de la elevación en una descripción de una localidad es identificar una ubicación a lo largo de una carretera o río en una zona topográficamente compleja, especialmente cuando el resto de la descripción de la localidad es vaga.
>
> — Murphy et al. 2004

Al incluir la elevación después del evento, tenga en cuenta que la elevación puede variar considerablemente en un área pequeña (especialmente en un terreno abrupto) y que la incertidumbre de la georreferencia debe tenerse en cuenta al determinar la elevación. No utilice las coordenadas por sí solas.

2.7.1. Altímetros

Un altímetro barométrico utiliza los cambios en la presión del aire como una aproximación a los cambios en la elevación y puede ser una fuente confiable de elevación si está debidamente calibrado. La calibración requiere que la elevación del altímetro se ajuste a una elevación inicial conocida, que podría determinarse por ejemplo, a partir de un mapa. Por lo tanto, a medida que el altímetro este a elevaciones mayores o menores, calcula la nueva elevación directamente a partir de la presión del aire que experimenta. Dado que las condiciones meteorológicas pueden cambiar la presión del aire independientemente de los cambios en la elevación, es importante calibrar el altímetro frecuentemente, ya sea registrando la elevación cuando deje de moverse y recalibrando usando esa elevación como referencia antes de comenzar de nuevo y/o recalibrando a elevaciones conocidas cada vez que se encuentre en ellas.

En teoría sería posible usar un altímetro barométrico para determinar las elevaciones en una ubicación subterranea (cueva, minas, etc.), pero estas ubicaciones son particularmente propensas a cambios en la presión del aire independientes de los cambios de elevación (especialmente en cuevas con aberturas estrechas), de modo que la recalibración tendría que ser particularmente cuidadosa.

2.7.2. Mapas

La elevación se puede determinar utilizando los contornos y la información de la altura del punto a partir de un mapa del área que esté a una escala adecuada. En general, cuando se lee desde un mapa, la incertidumbre en la elevación es la mitad del intervalo de contorno.

Para obtener información sobre cómo determinar la exactitud de un mapa, consulte [Incertidumbre en las Mediciones de Mapas Impresos].

2.7.3. GPS

La exactitud de la elevación reportada por los GPS ha mejorado notablemente en los últimos años, pero la exactitud de la elevación no suele ser reportada por la mayoría de los receptores GPS/GNSS. Por regla general, para la mayoría de los receptores GPS/GNSS no habilitados para Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) o para Sistema de Aumentación de Área Amplia (WAAS), el error en la elevación es aproximadamente 2-3 veces el error horizontal (USGS 2017). Es difícil encontrar información definitiva para los teléfonos inteligentes, pero parece que el mismo multiplicador es una buena norma para ellos. Con los GPS con WAAS habilitado, la FAA informa de que el 95 por ciento de las veces, el error vertical es inferior a 4 metros (FAA 2019). Sin embargo, la elevación reportada por receptores GPS o teléfonos inteligentes no se refiere necesariamente al nivel medio del mar (MSL, por sus siglas en inglés) sino a la elevación cero del elipsoide asociado al datum, vea la discusión a continuación.

Tenga en cuenta que las lecturas de elevación del GPS pueden representar uno de al menos dos valores diferentes, dependiendo del método utilizado por el GPS. La elevación reportada puede ser la altura geométrica. Este es el único valor que los dispositivos GPS pueden medir realmente y es la altura basada en el elipsoide del datum. La elevación reportada también puede ser la elevación por encima del nivel medio del mar, también conocida como altura ortométrica. Estos valores no los mide directamente el GPS, pero se calculan como la diferencia entre la altura geométrica (medida) y la altura del geoide. La altura del geoide depende del geoide y del datum con el que se intente comparar. Así, que para entender la diferencia potencial entre las elevaciones basadas en el nivel medio del mar y las basadas en el modelo geométrico, se debe conocer el modelo geométrico (datum). Para calcular el error potencial usando el datum WGS84 en una ubicación geográfica determinada, utilice la Calculadora de Alturas según el Geoide (UNAVCO 2020). Para más información sobre estos métodos, consulte Eos Positioning Systems 2018. Para una buena explicación de las diferencias entre el geoide y el nivel medio del mar le sugerimos ver GISGeography 2019b.

2.7.4. Datums Verticales

En el 2022, Estados Unidos lanzará un nuevo marco de referencia geométrica y un datum vertical geopotencial que reemplazará los datums verticales geométricos existentes en Estados Unidos. De forma similar, en los próximos cinco años, Australia pasará a un sistema de referencia de altura de nueva generación: el Australian Gravimetric Quasigeoid 2017 (AGQG 2017) (McCubbine et al. 2019). Los nuevos marcos de referencia se basarán principalmente en Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS), así como en un modelo de geoide gravimétrico actualizado (National Geodetic Survey 2018). El nuevo método de cálculo de los datums verticales mejorará la exactitud vertical a alrededor de 1-2 cm, proporcionando más exactitud a la determinación de la [elevación] con el GPS (Ellingson 2017) y permitirá una actualización dinámica. Es probable que otras jurisdicciones se muevan a nuevos métodos de cálculo de datums verticales a través del tiempo, es decir, en un plazo de cinco años, la mayoría de los usuarios podrán posicionarse verticalmente utilizando tecnología móvil de Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS) con una exactitud inferior al decímetro (Brown et al. 2019).

2.7.5. Modelos Digitales de Elevación

Los Modelos Digitales de Elevación (DEM) se basan en elevaciones sobre el nivel medio del mar (o más recientemente, basadas en el geoide). Los modelos se calculan utilizando sofisticadas interpolaciones y no corresponden necesariamente a la elevación real de la superficie. La exactitud vertical del DEM está influenciada por varios factores como el tamaño de la [grilla], la pendiente, cobertura de la tierra y el error de la geolocalización (horizontal), así como otros sesgos debidos a la recolección de los datos DEM originales (p. ej. geometría de imágenes por satélite) y/o los método de producción

(Mukherjee et al. 2013, Mouratidis & Ampatzidis 2019). Los DEMs globales como el Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global DEM V2 (Meyer 2011) y Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) se basan en grillas de 1 arco-segundo (cerca de 30 m x 30 m) (Farr et al. 2007) y tienen una precisión de mas de 17 m y 10 m respectivamente (excepto en terrenos empinados como montañas y áreas con superficies de arena muy lisas con baja relación señal/ruido, como el desierto de Sahara (Farr et al. 2007)). Los DEMs locales y regionales pueden tener un tamaño de grilla menor. Por ejemplo, una grilla de 5 m en Australia, que tiene una precisión vertical inferior a un metro e incluso hasta 0.3 metros en algunas áreas (Geoscience Australia 2018) o el Modelo Europeo Digital de Elevación, que tiene una precisión superior a tres metros (Mouratidis & Ampatzidis 2019). Tenga en cuenta también que los DEM basados en imágenes satelitales y los basados en radares, varían mucho entre diferentes superficies de tierra, bosques, arbusto o vegetación herbácea, áreas agrícolas, áreas desnudas, superficies rocosas, humedales y superficies artificiales como ciudades. También, que el radar puede penetrar en áreas de nieve, hielo y arena (como en desiertos) (Mouratidis & Ampatzidis 2019).

2.7.6. Teléfonos Inteligentes

Algunos teléfonos inteligentes, ya sea que incorporen o no tecnologías GPS, utilizan aplicaciones que proporcionan valores de elevación basados en un DEM. Con las aplicaciones GPS de los teléfonos inteligentes hay que tener en cuenta que algunos dispositivos y aplicaciones registran incorrectamente el método utilizado. La incertidumbre de la elevación debida a una fuente de elevación desconocida puede ser de hasta 100 metros. Por ejemplo, la diferencia entre el datum WGS84 y los métodos de elipsoide y geoide o el nivel medio del mar usados para reportar la elevación se muestran en la Figura 8. También, tenga en cuenta que estas incertidumbres se suman a las incertidumbres asociadas a las propias mediciones. La única forma verdadera de determinar lo que el receptor GPS o teléfono inteligente está registrando es compararlo contra una elevación conocida. Algunos estudios preliminares de los autores muestran que la exactitud de la elevación en los teléfonos inteligentes varía mucho en diferentes áreas del mundo. En las zonas de los Estados Unidos, Europa, Australia, Japón, etc. (de donde provienen la mayoría de los resultados publicados), los errores están generalmente dentro de los 10 metros o medidas similares, pero en zonas más remotas (como en una isla remota de Fiji) no es raro encontrar errores en el orden de los ±60 metros. Usando dos aplicaciones móviles diferentes al nivel del mar en una misma ubicación, se obtuvieron elevaciones desde -24m hasta +58.9 m. Estos estudios son preliminares y se necesita más investigación en diferentes áreas del mundo.

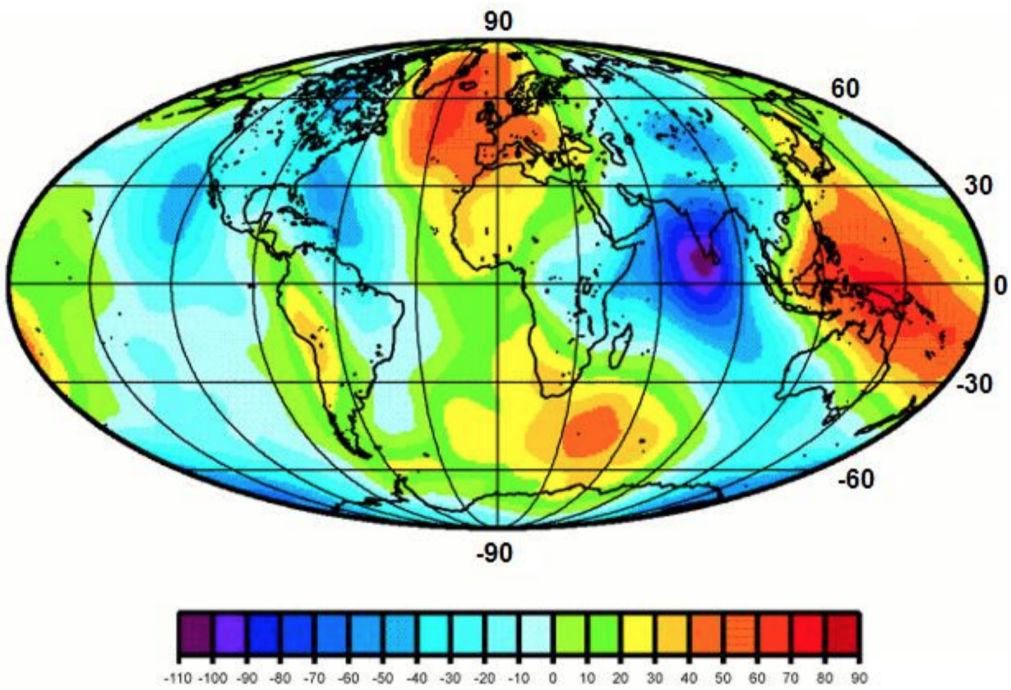

Figura 8. Mapa comparando el Nivel Medio del Mar con el elipsoide WGS84 (Lemoine et al. 1998). La escala de color muestra la distancia en metros del geoide estando debajo (negativo) o sobre (positivo) el elipsoide WGS84. Imagen de Tan et al. 2016 con permiso de los autores.

2.7.7. Cámaras Equipadas con GPS

Las cámaras digitales quipadas con GPS se comportan de manera similar a los teléfonos inteligentes con respecto a la exactitud posicional ya que tienen incorporadas antenas de tamaño similar. Para conservar la duración de la batería, la mayoría de las cámaras digitales con GPS tienen opciones para establecer intervalos de actualización de la posición. Dependiendo de la cámara, puede variar desde una vez por segundo hasta una vez cada cinco minutos. La configuración de este intervalo puede tener implicaciones significativas con respecto a las coordenadas y a la incertidumbre.

Las cámaras digitales sumergibles sólo actualizan su posición cuando el buceador lleva la cámara a la superficie el tiempo suficiente para que el GPS fije su posición.

2.7.8. Google Earth

Utilizando un gran tamaño de muestra (n>20,000) de puntos de referencia GPS en una variedad de terrenos en los Estados Unidos, Wang et al. 2017 encontraron que las elevaciones en el modelo de terrenos de Google Earth tenían un límite de intervalo de error al 95 por ciento (BE95) de ±44 m, con peores escenarios de alrededor de 200 m. El mismo estudio descubrió que el modelo del terreno de Google Earth tenía un BE95 de ±6 m a lo largo de las carreteras. Aunque a la fecha no se encontraron datos para otras partes del mundo, se recomienda usar los valores extraídos del trabajo de Wang et al. 2017 como estimaciones de la incertidumbre de las elevaciones cuando el origen es el modelo del terreno de Google Earth. Un segundo estudio que utilizó Google Earth para determinar la elevación en tres regiones de Egipto (El-Ashmawy 2016) en terrenos planos, medios y empinados llega a la conclusión de que los datos de elevación son más exactos en áreas planas o con poca diferencia de altura, con una exactitud de aproximadamente 1.85 m (Raíz del Error Cuadrático, RMSE por sus siglas en inglés) y un rango de error de menos de 3.72 m (y en algunos casos de menos de 1 m). El aumento en la diferencia de altura, conduce a una disminución de la exactitud obtenida con un aumento del RMSE de 5.69 m en terreno empinado.

2.8. Orientaciones Cardinales

Las direcciones de la brújula (también conocidas como orientaciones cardinales) pueden ser bastante ambiguas. El norte, por ejemplo, podría ser cualquier dirección entre el noroeste y el noreste si no se proporciona información más específica. Hay varias maneras de evitar la ambigüedad cuando se documentan las orientaciones. Una forma es calificar la dirección con "hacia" (p. ej. "hacia el norte") si la orientación lo garantiza. Una segunda manera de evitar la ambigüedad es utilizar dos orientaciones ortogonales en la descripción de la localidad, haciendo implícito que ambos componentes son "hacia". Por último, la ambigüedad puede reducirse si las orientaciones se dan en grados desde el norte (0° es el norte, 90° está al este, 180° al sur y 270° al oeste).

Es importante registrar las orientaciones basadas en el Norte Verdadero (orientación verdadera) y no en el Norte Magnético (dirección magnética). Las diferencias entre el Norte Verdadero y el Norte Magnético varían en todo el mundo y en algunos lugares puede variar mucho a lo largo de una distancia muy pequeña (NOAA 2019, NOAA/NCEI & CIRES 2019). Por ejemplo, en un área de unos 250 km al NO de Minneapolis en los Estados Unidos, la anomalía de la declinación magnética (la diferencia entre la declinación causada por el núcleo externo de la Tierra y la declinación en la superficie) cambia de 16.6° E a 12.0° O en de una distancia de sólo 6 km (Goulet 2001).

Las diferencias entre el Norte Verdadero y el Norte Magnetico también cambian con el tiempo (NOAA n.d.a). La Administación Oceánica y Atmosmférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés) cuenta con una calculadora en línea que puede calcular la declinación anómala o geomagnética (ajuste necesario para convertir la lectura magnética en una lectura basada en el Norte Verdadero) para cualquier lugar en la tierra y en cualquier punto en el tiempo. Si necesita realizar ajustes, le sugerimos utilizar esta calculadora para determinar la declinación magnética del área en cuestión. De lo contrario, se debe determinar la orientación cardinal usando un mapa confiable y documentar siempre los métodos utilizados. Tenga en cuenta que algunas aplicaciones en los teléfonos inteligentes hacen ese cálculo y permiten configurar la aplicación para registrar el Norte Magnético o Norte Verdadero.

2.9. Desplazamientos

Un desplazamiento es una distancia desde un punto de referencia, lugar u otra entidad geográfica que generalmente está acompañado por una dirección (u orientación, ver § 2.8). Una de las mejores maneras de describir una localidad es a través de desplazamientos ortogonales desde una entidad geográfica, pequeña, persistente y fácil de localizar (ver § 2.2). Usar un desplazamiento en una orientación cardinal muy específica es una segunda opción para describir una localidad, aunque la incertidumbre aumenta con la distancia del desplazamiento. Los desplazamientos a lo largo de una ruta son una tercera opción razonable para describir una localidad, aunque tienden a ser mucho más difíciles de medir después del evento. Otros tipos de localidades que utilizan desplazamientos (p. ej. una dirección de desplazamiento sin distancia o una distancia de desplazamiento sin una dirección) tienden a introducir un exceso incertidumbre y por esto deben evitarse.

2.9.1. Solo Distancia de Desplazamiento

Una localidad que consiste en un desplazamiento desde una entidad geográfica sin una orientación puede surgir como resultado de un error al documentar la localidad en campo o en la digitalización de los datos. Si la entidad geográfica es pequeña (como un entonces la <<incertidumbre total se debe en gran medida al desplazamiento. Con entidades más grandes (como una ciudad, o un lago), tanto el desplazamiento como la extensión de la entidad pueden contribuir significativamente a la incertidumbre total. Los catálogos o etiquetas originales de las colecciones pueden contener información que haga que la localidad sea más específica. Si no, una localidad del tipo "solo distancia" (e.g. "A 5 km del lago Vättern, Suecia") podría interpretarse como un buffer alrededor de la entidad

geográfica usada como referencia a la distancia señalada en la descripción de la localidad. El problema es que no se sabe cuál es el punto de referencia (algún lugar en el lago o algún lugar en el borde) tampoco se sabe si el desplazamiento era perpendicular a un borde o en algún ángulo oblicuo a él. Debido a estos factores confusos, se recomienda tratar la localidad como si fuera una entidad geográfica agrandada hacia todos los lados por la combinación de todas las fuentes de incertidumbre (ver Desplazamiento: Solo Distancia en la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020)).

2.9.2. Solo Dirección de Desplazamiento

Una localidad con una [orientación cardinal] desde una entidad geográfica, pero sin distancia (p. ej. "Este de Albuquerque"), es particularmente ambigua y muy subjetiva de georreferenciar. Sin información adicional para restringir la distancia, no hay una indicación clara de hasta dónde se debería llegar para encontrar la ubicación ¿hasta la siguiente entidad geográfica más cercana, la siguiente entidad más cercana de tamaño equivalente, a un lugar donde haya una mayor probabilidad de encontrar el bioma (como una costa) o simplemente seguir hacia adelante?

Tenga en cuenta que rara vez se da tal información de localidad sin otros datos que la acompañen. Por ejemplo, la localidad puede tener información de la división político administrativa (p. ej. 'Este de Albuquerque, Condado de Bernalillo, Nuevo México'). Esto le da un punto de parada (p. ej. la frontera del condado) y debería permitirle georreferenciar la localidad (ver Desplazamiento: Solo Orientación Cardinal en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al)). En cualquier caso, es altamente recomendable no documentar descripciones de localidad de esta manera.

2.9.3. Desplazamiento en una Orientación Cardinal

Una localidad que contiene un desplazamiento en una dirección determinada hacia o desde una entidad geográfica es tratado aquí como un "desplazamiento en una [orientación cardinal]". Hay muchas variaciones en este tipo de localidades. Una dificultad para determinar una georreferencia para este tipo de descripción de localidad es saber cómo fue determinado el desplazamiento, por ejemplo, por aire o a lo largo de una ruta como una carretera o río. Por lo tanto, siempre que se describa una localidad con un desplazamiento en una orientación asegúrese de ser explícito respecto a lo que intenta expresar.

No es raro que las descripciones de las localidades marinas usen un azimut, una dirección hacia una entidad geográfica objetivo, por ejemplo, "25° del Faro de Waipapa Point". En estos casos la entidad referenciada es el punto de partida y la orientación dede allí debe ser 180 grados en la brújula desde la medición dada en la descripción de la localidad. Esto se conoce como un "azimut posterior" o "inverso".

Donde el sentido del desplazamiento no pueda ser determinado a partir de la descripción de la localidad o información adicional y donde no haya ninguna ruta importante u obvia que se pueda seguir en la dirección y distancia dada, entonces es mejor asumir que el colector midió la distancia por aire. Cualquiera que sea la decisión, documente la suposición en los comentarios de la georreferenciación (p. ej. 'Asumido "por aire" – no hay caminos al E fuera de Yuma', o 'Asumido "por carretera" en Carretera 80') y georreferenciar acorde a esa suposición (ver Desplazamiento: Distancia en una Orientación Cardinal y Desplazamiento: Distancia a lo Largo de una Ruta en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020)).

La adición de un adverbio modificador a la distancia en una descripción de localidad (como "cerca de 25 km"), aunque es una observación honesta, no debe afectar a la determinación de las coordenadas geográficas o la maxima incertidumbre. Trate la incertidumbre debida a la precisión de la distancia de forma convencional (ver § 3.4.6).

2.9.4. Desplazamiento a lo largo de una Ruta

A veces es conveniente describir una localidad como una distancia a lo largo de una entidad geográfica curvilinea, una ruta como un camino, río, sendero, etc. (ver Desplazamiento: Distancia a lo Largo de una Ruta en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020)). Una ventaja de una descripción de este tipo es que evita la incertidumbre debida a una [orientación cardinal] imprecisa. También es más fácil de registrar, así como cuando se observa la distancia con el odómetro (Kilometraje) de un vehículo mientras se conduce. Sin embargo, una desventaja es que puede no ser tan fácil determinar la misma ubicación posteriormente usando solamente mapas durante el proceso georeferrenciación. Una razón es que hay que encontrar la reproducción exacta de la ruta en un mapa. El mapa puede tener errores, pérdida de resolución por escala del mapa, inconsistencias con las condiciones en el momento del evento o puede ni siquiera estar representada. También hay una diferencia entre la distancia en la superficie topográfica y la distancia en un mapa, aunque para la mayoría de situaciones es normal que (a lo largo de caminos y vías navegables) la diferencia sea de <1% (ver Desplazamiento: Distancia a lo Largo de una Ruta en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020)). Peor aún, el camino puede haber cambiado con el tiempo, lo que hace aún más difícil encontrar la localización exacta de forma retrospectiva.

Si la localidad hace referencia a un río, como en el ejemplo "16 millas río abajo de San Louis en la orilla izquierda del río Mississipi", es razonable asumir que el desplazamiento se realiza a lo largo del río. En este ejemplo, la localidad está en el lado este del río en Illinois, en vez de estar en el lado oeste en Missouri, ya que la referencia a la "orilla izquierda" se toma convencionalmente como si se estuviera mirando río abajo o en el sentido de la corriente.

2.9.5. Desplazamiento a lo largo de Direcciones Ortogonales

Este tipo de localidad se refiere a distancias rectilineas en dos direcciones ortogonales desde una entidad geográfica, por ejemplo, "2 millas al E y 1.5 millas al N de Kandy" (ver Desplazamiento: Distancia a lo largo de Direcciones Ortogonales en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) y la Figura 12). Esta forma de describir una localidad puede ser muy eficaz, ya que tiende a eliminar una de las fuentes más grandes de incertidumbre, la siempre creciente incertidumbre debida a la distancia a partir de una dirección. Usar direcciones ortogonales elimina toda la incertidumbre direccional, ya que la ortogonalidad implica que las direcciones ortogonales son tomadas "por aire". Es por esta razón que este tipo de localidad es altamente recomendable para describir las localidades.

2.10. Profundidad del Agua

La profundidad del agua debe ser registrada como un rango, es decir, como distancias mínimas y máximas positivas en metros, por debajo de la interfaz aire-agua del cuerpo de agua (oceano, mar, lago, río, etc.). La profundidad máxima siempre será un número positivo mayor o igual a la profundidad mínima. Si la medición de profundidad es específica en lugar de un rango, utilice el mismo valor para las profundidades mínimas y máximas.

2.10.1. Batimetría

La profundidad de la superficie bentónica en grandes cuerpos de agua se llama batimetría o profundidad batimétrica. Normalmente se registra de una de dos maneras, como una superficie grillada (Modelo Digital de Terreno) o como contornos. La precisión de la batimetría depende de cómo se determinó y generalmente es mucho más exacta cerca de las costas o en los puertos, que en el océano más profundo.

Desde 2003, la cobertura global de batimetría más comúnmente utilizada ha sido la Carta Batimétrica General de Un Minuto de los Océanos (GEBCO 2019a), sin embargo, en 2019 se publicó una cobertura

mucho más fina y más detallada, con una [grilla] de 15 arcos-segundo (GEBCO 2019b). Las '3,732,480,000 cuadrículas (86,400 filas por 43,200 columnas) cubren desde los 89°59'52.5'' N, 179°59'52.5'' W hasta los 89°59'52.5'' S, 179°59'52.5'' E, con una elevación dada para cada centro de píxel. Hay muchos criterios que determinan la exactitud vertical de estas cuadrículas, incluyendo la presencia de cañones pronunciados, profundidad y turbiedad del agua (afecta a la penetración del instrumento y a los haces acústicos que se hacen más amplios entre mas profundo vayan) y la metodología (satelital, sonidos de eco de un haz único (SES, por sus siglas en inglés), sonidos de eco de múltiples haces (MES, por sus siglas en inglés), láser de transporte aéreo (LADS), Light Detection and Ranging (LIDAR), etc.) (Wolf et al. 2019).

Por lo general, los contornos batimétricos sólo están disponibles para los puertos, las zonas litorales y las zonas costeras más cercanas, en algunos lugares que se extienden hasta los límites de la pendiente continental. Donde existen contornos batimétricos (también llamados contornos de profundidad o isóbatas), son generalmente bastante gruesos (excepto en zonas como el Mar del Norte y en los puertos) y se separan más a medida que aumenta la profundidad. Por ejemplo, los contornos batimétricos de 2009 para Australia están a 20 m, 40 m, 100 m, 200 m y 400 m. En algunos puertos, el intervalo de contorno es tan pequeño como un metro (Data.gov.au 2018). En 2019 el juego de datos de contorno de batimetría se obtuvo a partir de la grilla de 15 arcos-segundo GEBCO_2019 mencionada anteriormente. A grandes escalas (1:5,000,000 y menores), el intervalo del contorno es de 500 m; en escalas medias (1:5,000,000 a 1:30,000,000) el intervalo del contorno es de 1000 m y a pequeñas escalas (1:30,000.000 y mayores), el intervalo de contorno es de 2000 metros. Los contornos suplementarios se muestran en aguas superficiales (menos de 500 m) (NCEI-NOAA 2019).

Se han realizado muy pocos estudios sobre la exactitud de las grillas o los contornos batimétricos, especialmente con el GEBCO_2019 puesto que el conjunto de datos se publico hace poco. Los autores no han podido encontrar ninguna información definitiva sobre exactitudes que podamos informar de forma general, pero los intervalos de contorno dan una indicación de la incertidumbre inherente a las grillas. En las zonas litorales, áreas cercanas a las costas, los puertos y los embalses y lagos interiores, generalmente se han llevado a cabo estudios batimétricos más intensivos y diversos (ver Visor de Datos Batimétricos (NCEI 2020)). Adicionalmente, han realizado estudios de exactitud en algunas de estas áreas. En las zonas de aguas superficiales hay menos interferencia debido a la profundidad del agua y se pueden utilizar frecuencias de ondas sonoras más altas para los estudios de batimetría multihaz. La precisión es mucho mejor que en otras áreas de aguas profundas, por lo tanto, estos estudios no se pueden extrapolar al océano. Para contornos, como para los mapas de tierras, la incertidumbre en la elevación es la mitad del intervalo de contorno.

2.10.2. Computadoras de Buceo

Hay tres métodos para determinar la profundidad que generalmente son utilizados por los buzos, en específico: computadores de buceo, relojes de inmersión y medidores de profundidad. Todos funciona con la presión ambiental para determinar la profundidad. Los computadores de buceo deben ser calibrados antes de las inmersiones y configurados dependiendo de la densidad del agua (es decir, agua salada o agua dulce, etc.). Si se calibran correctamente, los fabricantes reportan que son exactos entre los 0.3 metros.

Un estudio de 47 marcas de computadoras de buceo a profundidades de 10 m, 20 m, 30 m, 40 m y 50 m tanto en agua de mar como en agua dulce mostró que la mayoría de las estimaciones de profundidad estaban en el rango de ± 1 metro y que si se conoce la salinidad y el instrumento está debidamente calibrado, se podrían o deberían esperarse precisiones de alrededor del 1 por ciento (Azzopardi & Sayer 2012). La exactitud de los medidores de profundidad portátiles están en un orden similar. Los relojes de buceo generalmente son menos precisos, pero hay reportes de exactitud para algunos relojes de profundidad de hasta 100 metros de profundidad, como ± 1 por ciento del valor mostrado de + 0.3 metros (cuando se usa a temperatura constante). La exactitud puede verse influenciada por los cambios en la temperatura del ambiente y la salinidad del agua.

2.11. Distancia Sobre la Superficie

La distancia sobre la superficie debe registrarse en metros en dirección vertical desde un punto de referencia, con una distancia mínima y máxima para cubrir un rango. Ejemplos incluyen la altura sobre el suelo de un águila en vuelo, la distancia hacia arriba de un árbol desde el suelo (altura) y la distancia desde la parte superior de una muestra vertical de un núcleo a una muestra de diatomeas encontrada en ese núcleo.

El punto de referencia para la medición de una distancia sobre la superficie puede variar dependiendo del contexto. Para ubicaciones terrestres superficiales, el punto de referencia debe ser la elevación a nivel del suelo. Para cuerpos de agua (océano, mar, lago, río, etc.), el punto de referencia para las ubicaciones debe ser la elevación de la interfaz de aire-agua, mientras que el punto de referencia para ubicaciones bentónicas debajo de la superficie debe ser el fondo del cuerpo de agua en esa ubicación. Las ubicaciones dentro del cuerpo de agua deben usar la profundidad del agua y no usar ninguna otra distancia por encima de una superficie.

Se recomienda que la distancia sobre la superficie siempre se mida en el mismo sentido, es decir, como distancias *sobre* la superficie de referencia. Las distancias por encima de un punto de referencia deben ser expresadas como números positivos, mientras que las que están por debajo deben ser negativas. Esto es análogo a la elevación, la cual es positiva al expresar una distancia por encima del nivel medio del mar y negativa por debajo de ese punto de referencia. La distancia máxima sobre la superficie siempre será un número mayor o igual a la distancia mínima sobre esa superficie para una determinada ubicación (ver Figura 9).

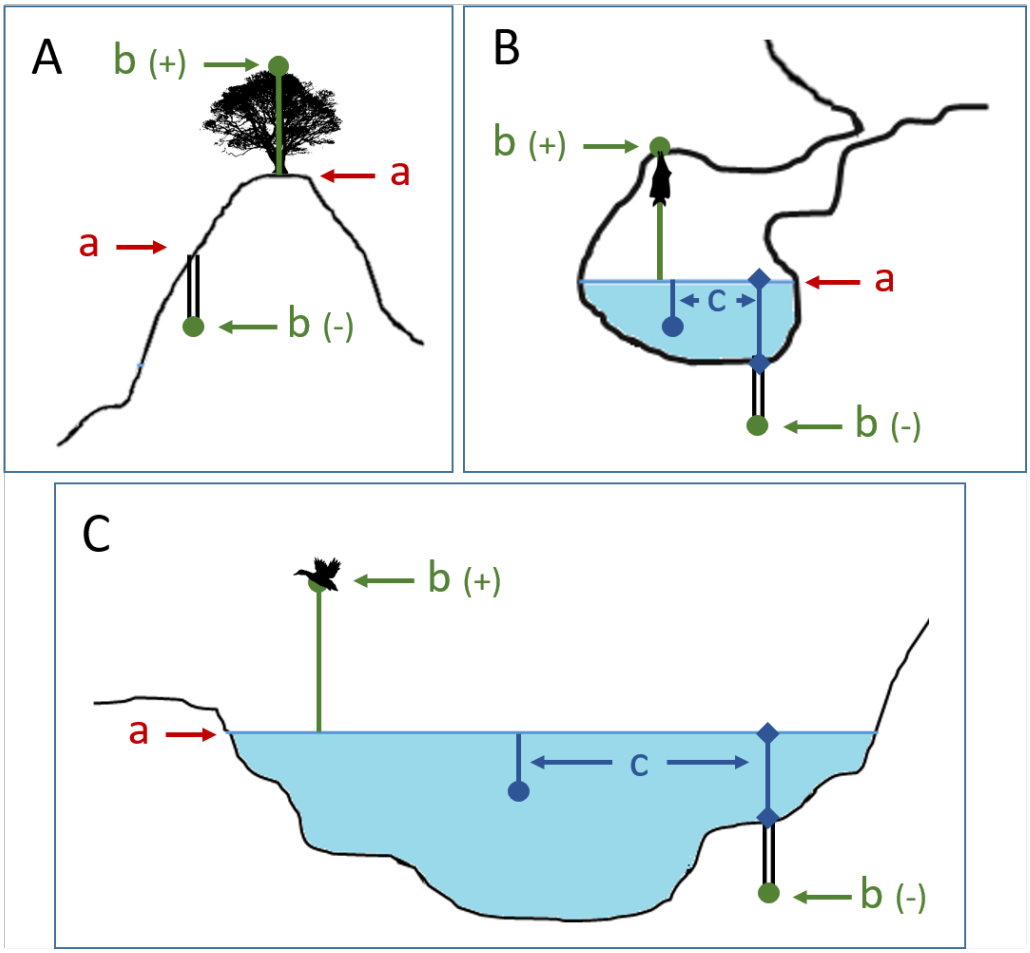

Figura 9. Ejemplos de uso de profundidad, elevación y distancia sobre superficie, para **A***: ubicaciones terrestres,* **B***: cuevas, y* **C***: ubicaciones acuáticas.* **a** *significa elevación, ya sea de una superficie terrestre o de una interfaz aire/agua;* **b** *= distancia sobre la superficie, marcado positivo (+) o negativo (–);* **c** *significa profundidad (siempre positiva).*

Para el caso especial de las ubicaciones registradas dentro de un sistema de cuevas o en una mina subterránea, vea § 2.12.

2.12. Cuevas

Realizar colectas en cuevas, minas subterráneas y túneles presenta una serie de desafíos no encontrados en otros lugares.

2.12.1. Determinando la ubicación

En sistemas de cuevas y minas subterráneas, la determinación de la posición geográfica en la superficie (conocida como cota cero) se puede hacer con radiolocalización o con el Sistema de Mapeo Electromagnético de Cuevas a Superficie (ECMS, por sus siglas en inglés) (Sogade et al. 2004), que utiliza tecnología de ondas electromagnéticas. Esto requiere un bucle de radio nivelado en la ubicación dentro de la cueva y un receptor sobre la superficie para determinar la ubicación bajo tierra. La ubicación de la superficie se puede determinar usando un receptor GPS/GNSS, como de costumbre. Con una antena nivelada, un operador experimentado puede determinar una cota cero con una exactitud de un metro para una profundidad de 50 m (2%) (Gibson 1996, Gibson 2002), sin embargo, las balizas de radiolocalización más recientes han aumentado la exactitud horizontal a cerca de 0.5 al 1 por ciento (Goldsheider & Drew 2014, Buecher 2016). Afortunadamente, muchas cuevas y minas ya se han mapeado extensamente, por lo que cuando los mapas están disponibles, se pueden utilizar para determinar ubicaciones.

El segundo método (que usa la boca de la cueva) que probablemente se usa con más frecuencia, es más fácil de determinar, pero es menos exacto y tiene una incertidumbre mayor. La boca de la cueva, la apertura de túneles, la entrada de minas, etc., son los lugares más obvios para empezar. Estas ubicaciones se pueden obtener fácilmente usando una unidad GPS, pero se debe tener en cuenta la probable reducción de la exactitud de la unidad GPS si la entrada de la cueva está dentro de un valle profundo donde la buena recepción GNSS puede llegar a ser reducida. La documentación de la ubicación del evento desde esa posición es mucho más difícil, especialmente cuando no existen mapas detallados de la cueva. En un sentido mas general, se puede estimar la extensión de la cueva y determinar el centro corregido de esa extensión. A partir de ahí se puedes determinar un radio geográfico como se indica en otras partes de este documento (ver § 2.3.3). No es ideal solo registrar la ubicación de la entrada a la cueva y utilizar un radio amplio para la incertidumbre, pero se puede hacer como último recurso. Sin embargo, si hace esto asegúrese de que la descripción de la localidad incluya tanta información adicional como sea posible, como la distancia estimada de la entrada a la cueva, dirección y si es posible, una "profundidad". Para georreferenciar en Cuevas, vea Entidad Geográfica: Cueva en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

2.12.2. Elevación

Tradicionalmente, los espeleólogos han registrado la profundidad en una cueva como la profundidad debajo de la superficie, sin embargo, en este documento y con el fin de registrar observaciones biológicas, usamos la elevación (por encima del nivel medio del mar o geoide) para una posición en el fondo de la cueva.

La distancia por debajo de la cota cero puede determinarse usando el mismo equipo de radiolocalización que se usa para determinar la cota cero (ver arriba). La exactitud de la distancia debajo de la cota cero calculada utilizando estos métodos es de alrededor del 5-10 por ciento Gibson 1996, Gibson 2002) para profundidades de hasta 50 metros. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las balizas modernas han mejorado la precisión a alrededor del 10 por ciento para profundidades de hasta 300 metros bajo la superficie (NOT Engineers 2019). Los terrenos superficiales desiguales pueden añadir a las incertidumbres hasta un 3 por ciento más y en cuevas

muy profundas, minas, etc. donde hay yacimientos de minerales pesados y donde hay líneas de falla, este método es mucho menos fiable para determinar la profundidad, con errores que aumentan hasta un 20 por ciento. En esas condiciones, la radiolocalización puede no ser adecuada para determinar la distancia por debajo de la superficie.

A partir de estas figuras, es posible determinar la elevación del fondo de la cueva tomando la elevación en la cota cero y deduciendo la distancia calculada debajo de ese punto (ver Figura 10). Tenga en cuenta que al determinar la elevación en una cueva, la precisión mencionada anteriormente es adicional a la incertidumbre de la elevación determinada para la elevación en la cota cero.

Usar mapas detallados de cuevas puede proporcionar una alternativa mejor (y menos costosa) que otros métodos. Usted debe elegir el mejor método para su propósito, pero asegúrese de documentar cómo se determinó la elevación. Los mapas de cuevas se pueden obtener por lo general contactando a asociaciones espeleológicos o de cuevas locales.

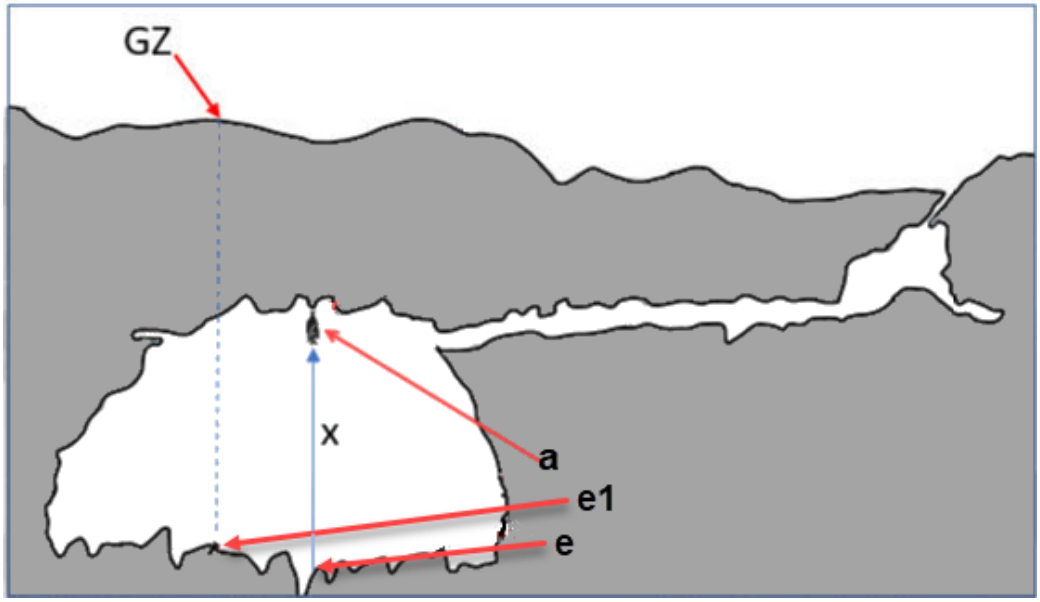

Figura 10. Especificando la posición vertical de una ubicación en una cueva usando una elevación **e** *y una distancia por encima de la superficie* **X**. *La ubicación* **a** *está a una distancia vertical* **X** *directamente sobre el fondo de la cueva, la cual corresponde la elevación* **e**. *La elevación de* **e** *se determina dentro de la cueva por medio de prospección desde una elevación conocida en el suelo de la cueva* **e1**, *que se calcula utilizando una distancia estimada por debajo de la elevación de la superficie en la cota cero* **GZ**.

2.12.3. Profundidad en Cuerpos de Agua Subterráneos

La profundidad del agua dentro de un cuerpo de agua subterráneo (lago, río, sumidero, etc.) se registra como para otros cuerpos de agua y se mide a partir de la superficie del cuerpo de agua (ver Figura 9B). La elevación de la superficie del cuerpo de agua se determina como para al fondo de la cueva en Figura 10.

2.12.4. Distancia Sobre o Debajo de una Superficie

La determinación de la distancia sobre y debajo de una superficie (como se documenta en otros lugares) se debe hacer de la misma manera que dentro de un sistema de cuevas(ver Figura 9B, Figura 10). Al igual que antes, la elevación del fondo de la cueva ha sido determinada, por lo que un troglobionte (p. ej. un animal) en el techo de la cueva se indica en metros sobre el fondo de la cueva, cuya elevación se ha determinado como se mencionó anteriormente ("X" en Figura 10).

2.13. Lidiando con Registros No Naturales

La documentación de registros no naturales como plantas cultivadas y animales cautivos y los registros resultantes de derivas litorales o por haber sido arrastrados a la orilla (como los conchas en una playa que no contienen animales vivos) deben tener documentada su procedencia "no natural" o "no salvaje". Puede haber muchos usos valiosos para estos registros, incluso si las ubicaciones no corresponden a registros naturales de los organismos. Recomendamos que la ubicación se documente y georreferencie, junto con la naturaleza de la procedencia (cultivado, cautivo, arrastrado a la orilla, etc.).

2.14. Ausencias y No Detecciones

Una "ausencia" es cuando un protocolo de detección particular, implementado en una ubicación y tiempo determinados, no resulta en una detección. Una ausencia real ocurre en zonas donde las condiciones ambientales son inadecuadas para la supervivencia de una especie. El registro de ausencias siempre ha sido polémico. Esto se debe, en parte, a que en gran medida es resultado de una interpretación subjetiva y no puede ser comprobado. Hay tres factores importantes y superpuestos: ubicación, tiempo y metodología. Una planta anual, por ejemplo, no puede estar presente como individuo en el momento de una observación, pero puede estar presente en una época diferente del año. La ubicación debe delimitarse y está estrechamente vinculada a la metodología. La incertidumbre de la ubicación se aplica como en cualquier otra parte de este documento. Sin embargo, puede tener implicaciones adicionales. Aunque una observación puede registrar que la especie x no fue detectada en una ubicación particular en un momento determinado usando una metodología en particular, esa ubicación tiene una incertidumbre. La incertidumbre indica que el área en la que se realizó la observación (no detección) está en algún lugar dentro del radio o forma geométrica que se define por esa incertidumbre. Esto NO significa que la ausencia pueda atribuirse a la totalidad de la zona descrita por esa incertidumbre.

Hay muchas metodologías por las que un observador puede asignar una ausencia. Cada una de estas metodologías tendrá una incertidumbre metodológica adicional asociada a ella que es importante registrar, ya que puede determinar qué tan adecuada es esa no detección para un uso particular. Por ejemplo, si registró observaciones cada 10 metros a lo largo de un transecto y no detectó la especie en ninguno de esos lugares ¿en qué medida puede asignar una ausencia a la zona cubierta por el transecto? Otra metodología puede estar relacionada con la experiencia del observador. Si un experto estaba buscando intensamente una especie en un área, pero al mismo tiempo se dio cuenta de que no había ningún registro de una especie estrechamente relacionada, que seguramente hubieran registrado si estuviera presente, ¿qué nivel de certeza puede darse a la supuesta observación de que la segunda especie está ausente en la zona?

Por tanto, es importante documentar:

- La ubicación tal y como se ha discutido en otra parte de este documento
- El área cubierta por la no detección
- La hora, duración y fecha
- La metodología utilizada

2.15. Datos Capturados Remotamente

Es posible hacer conteos de animales o plantas remotamente, por ejemplo usando una aeronave en el que personas realizan conteos directos o utilizando cámaras o equipos de vídeo que luego se analiza en el laboratorio. Algunos ejemplos específicos incluyen conteos aéreos de canguros, conteos de ballenas en el mar, etc. También puede incluir la captura de información de arrastres, en los que

uno o más barcos capturan organismos marinos a lo largo de una o más rutas durante un período determinado (por ejemplo, un día) y luego la captura se analiza en la orilla. Otro ejemplo es el uso de instrumentos de rastreo en aves o tortugas, etc. que pueden entregar informes periódicos o intermitentes de la ubicación. Otros ejemplos son el uso de satélites para obtener remotamente imágenes de pingüinos en la Antártida y luego usar investigadores o máquinas para contar a los pingüinos en la imagen satelital, y los conteos de caribúes en el ártico mediante fotografías aéreas.

En muchos de estos ejemplos, el conteo del número de individuos presentes en un área es el objetivo, más que la ubicación de los individuos. Esto puede registrarse como una [grilla], un polígono, una ruta o una línea. Registre la ubicación, su extensión y el radio geográfico para la incertidumbre como se describe para estas mismas geometrías en las subsecciones anteriores.

2.16. Datos para Etiquetas Pequeñas

Un problema que suele surgir en las colecciones de insectos es el reto de registrar la información de la localidad en etiquetas pequeñas. Esto no debería ser un problema tan importante como lo era antes, pues las nuevas tecnologías permiten vincular la información de la etiqueta a una base de datos (a través de códigos de barras, códigos QR, etc.), registrando solamente información básica en la etiqueta.Consulte Wheeler et al. 2001 para conocer las pautas para la preparación de etiquetas para artrópodos terrestres, pero tenga en cuenta los principios expuestos en este documento al preparar los datos para las etiquetas de insectos, especialmente la documentación del datum, el sistema de referencia de coordenadas o códigos EPSG, etc., que no están contemplados en Wheeler et al. 2001.

2.17. Documentación

Registre las fuentes de todas las mediciones. Mínimo incluya el nombre y la escala del mapa, el datum o sistema de referencia de coordenadas, la fuente para los datos de elevación, la exactitud reportada por el receptor GPS, la Zona UTM si se usa coordenadas UTM, la extensión y radio de la ubicación, el método utilizado para registrar la [profunidad], etc.

3. El proceso de Georeferenciación

Las ubicaciones que no son totalmente georeferenciadas en campo puede que tengan que ser georeferenciadas posteriormente para ser útiles.En estas situaciones, uno esperaría que el recolector de la información original siga unas buenas prácticas como las descritas en § 2. Como se verá a continuación en § 3.4, las mayores fuentes de incertidumbre surgen de información faltante, ambigua o no específica, que podría haberse evitado, pero que no puede solucionarse sin el conocimiento de alguien que estuvo en el momento en que el evento ocurrió.

3.1. Planificando un Proyecto de Georeferenciación

Antes de comenzar un proyecto de georreferenciación, ya sea para un investigador individual o para una institución grande, es útil anticipar los tipos de desafíos que se espera encontrar. Puede parecer una tarea abrumadora, pero hay muchas maneras en que el proceso puede simplificarse y hacerse más práctico. Tener un flujo de trabajo adecuado (ver § 3.1.1) decidido anticipadamente puede aumentar tanto la eficiencia como la consistencia de la calidad de las georreferencias resultantes. Los determinantes básicos de un proyecto son, con qué se inicia y qué resultados se esperan al terminar. En un mundo ideal, las preguntas prácticas obvias como el costo y el tiempo que tardará el proyecto no serían importantes, pero siendo realistas, cuando se equilibra con los beneficios de hacer el esfuerzo, estos podrían ser los principales factores determinantes. A continuación se muestra una lista representativa de preguntas que pueden afectar la planificación de un proyecto de georreferenciación:

- Acerca de los datos originales:
  - Cuál es la fuente de los datos (etiquetas de herbario, libros de registro, base de datos o una combinación, etc.)
  - ¿Los datos originales ya están digitalizados?
  - ¿Cuántas descripciones de localidad únicas hay para georreferenciar?
  - ¿Hay ubicaciones terrestres o marinas para georreferenciar? ¿O ambas?
  - ¿El alcance geográfico es local? ¿Nacional? ¿Global?
- Acerca del proceso:
  - ¿Cuál es el tiempo destinado para realizar el proyecto?
  - ¿Cuándo, en el flujo de trabajo más amplio, tendrá lugar la georreferenciación?
  - ¿Cuántas de las buenas prácticas establecidas realmente necesito seguir?
  - ¿Qué pasa si queremos utilizar nuestros propios métodos?
  - ¿Qué documentación del procedimiento se necesita preparar?
  - ¿Quién hará qué?
  - ¿Qué experiencia se necesita?
  - ¿Qué habilidades deben tener aquellos que participen en el proyecto?
  - ¿Dónde se puede encontrar entrenamiento?
  - ¿Qué recursos de ubicación (mapas, gaceteros, herramientas) están disponibles?
- Acerca del producto final:
  - ¿Cuál es el objetivo de calidad de los datos para la georreferencias?
  - ¿Cómo se hará la validación de los datos?
  - ¿Cómo se hará el mantenimiento de los datos?
  - ¿Cómo serán utilizados los datos georreferenciados y por quién?
  - ¿Se generalizarán las georreferencias en la exportación (para especies sensibles, por ejemplo)?
  - ¿Cómo se pueden integrar las georreferencias a los datos originales?
  - ¿Cómo puede incorporar mecanismos adecuados de retroalimentación sobre la calidad de datos?

La pregunta, "¿Cuándo, en el flujo de trabajo más amplio, tendrá lugar la georreferenciación?" es de especial importancia. ¿Es mejor georreferenciar cada registro al ingresar los datos en la base de datos? ¿O es mejor [georreferenciar] un lote después de que se hayan ingresado los datos? Hay argumentos para cada método, y una vez más, las circunstancias de su institución deberían dictar el mejor método. Si los datos se almacenan taxonómicamente y no geográficamente (como es el caso en la mayoría de las instancias) a menudo es mejor georreferenciar por lote ordenando los datos de la localidad electrónicamente, de esta manera puede tratar muchos registros en un mapa análogo o área a la vez y no saltar de un lado a otro entre mapas análogos. En otros casos, puede ser más importante minimizar el desgaste de las colectas, usted puede querer ingresar las colectas en la base de datos a medida que son recibidas antes de distribuir duplicados o enviar un préstamo. Puede haber otras buenas razones prácticas para georreferenciar a medida que se ingresan los datos. Una ventaja de la georreferenciación a medida que se ingresan los datos es que puede tratar todas las colectas de un colector a la vez y prácticamente seguir su camino, reduciendo así los errores de no saber cuál de las múltiples localidades pueden ser correctas.

Este documento no cubre los métodos generales de ingreso de datos. Hay muchas maneras de hacerlo, incluyendo la entrada directa desde las notas de campo, etiquetas o libros de registro ingresados a un computador. También, el ingreso directo cuando se usan tabletas o computadores. También hay métodos indirectos, como el ingreso después de utilizar un escaner o un equipo fotográfico (fotografías o vídeo) para capturar la información original, de modo que la entrada de datos pueda hacerse después de la toma de imágenes. Capturar imágenes permite la digitalización, usando herramientas de reconocimiento óptico de caracteres y escritura a mano y de colaboración abierta ("crowdsourcing") (e.g. § 4.1, § 4.2). Algunos de estos métodos apenas se están volviendo prácticos, pero se debe tomar una decisión activa sobre el método que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. Cuando la digitalización está en marcha y cada espécimen esté siendo manejado, es un buen momento para considerar otras acciones como la georreferenciación (aunque no se recomienda en aras de la eficiencia), la asignación de identificadores persistentes (PIDs) (ver [Identificadores persistentes (PIDs)]), asignación códigos de barras de especímenes y vinculación a la base de datos para ahorrar recursos más adelante en el proceso.

También es importante que el mantenimiento a largo plazo de los datos se considere temprano en el proceso. Los gestores de proyectos pueden desear considerar preguntas como:

- ¿Cómo se va a hacer frente a las correcciones de los datos?
- ¿Cómo manejar los comentarios por parte de los agregadores de datos, los usuarios de datos, etc. sobre la calidad de los datos?
- ¿Hay en marcha un proceso para documentar los cambios en los datos?
- ¿Se han presupuestado suficientes recursos para el mantenimiento continuo y la verificación de la calidad de los datos?

3.1.1. Flujo de Trabajo para Proyectos de Georreferenciación

Un flujo de trabajo que cubra todas las actividades de georreferenciación puede ser un instrumento valioso, no sólo para mejorar la eficiencia de todo el proceso de georeeferenciación, pero también para incorporar controles y balances, y para mejorar la calidad del producto resultante. El tipo de flujo de trabajo puede ser determinado por la naturaleza de los datos, la forma en que se almacenaron y documentaron los datos originales, la naturaleza del producto final deseado e incluso por las preferencias generales de los implicados. En las siguientes subsecciones proponemos un flujo de trabajo genérico que cubre todos los aspectos importantes de los proyectos de georreferenciación. Tenga en cuenta que algunos de los pasos presentados podrían no aplicarse a cada proyecto y que hay que tener presentes las prioridades tal y como se discutió en § 3.1. Esta primera sección, § 3.1.1 describe un flujo de trabajo recomendado de georreferenciación en cuatro fases. Las siguientes secciones tratan los detalles de algunos de los pasos presentados en el esbozo.

Basados en una evaluación de una variedad de proyectos de georreferenciación a gran escala que tuvieran en mente tanto la eficiencia como la calidad de los datos (p. ej. [Ejemplo de Flujo de Trabajo de Proyecyo: MaNIS/HerpNET/ORNIS]), recomendamos el siguiente esquema genérico para un flujo de trabajo de georreferenciación utilizando el método radio-punto o el método de forma geométrica o una mezcla de ambos. Este flujo de trabajo se puede utilizar para proyectos que impliquen una sola persona o una gran colaboración, aunque algunos pasos pueden aplicarse más en un caso que en otro. Tenga en cuenta que algunas de las acciones incluidas en las diferentes fases pueden ocurrir simultáneamente dependiendo del tipo y la escala del proyecto.

Fase de Preparación del Proyecto

- Comprometerse con el uso de un conjunto documentado de buenas prácticas como las expuestas en este documento.
- Definir (y documentar) claramente los objetivos del proyecto, incluyendo los requisitos de calidad

de los datos (ver § 3.1).

- Determinar qué datos se usarán como entrada para georreferenciar.
- Seleccionar las herramientas a utilizar.
- Estimar los recursos necesarios para completar la fase de preparación de georreferenciación (ver § 3.1.4).
- Asignar a alguien para administrar el proyecto.
- Adquirir los recursos necesarios para iniciar el proyecto.

Fase de Preparación de Georreferenciación

- Recopilar los datos a ser georreferenciados.
- Prepara los datos para la georreferenciación:
  - Asegurarse de que los registros originales estén identificados de forma única (idealmente con PIDs, ver § 1.9).
  - Asegurarse de que los datos originales estén capturados y protegidos de cualquier alteración durante el proceso de georreferenciación.
  - Extraer combinaciones distintas de todos los campos relacionados con la localidad (incluyendo la división político administrativa, elevación, etc.), generar identificadores únicos (idealmente GUIDs, ver § 1.9) para cada uno y referenciar el identificador de localización en cada registro original correspondiente.
  - Usar los campos de división político administrativa proporcionados por fuentes para crear y agregar valores de división político administrativa estandarizados a los registros de localidad. Esto ayudará a la organización de georreferenciación por región, así como a facilitar la búsqueda de autoridades geográficas. Opcionalmente, también ampliar esta estandarización a los contenidos de los campos específicos de la localidad. Aunque este enfoque se ha adoptado en algunos esfuerzos de georreferenciación a gran escala, como los realizados por CONABIO y SiB Colombia (Escobar et al. 2016), no hay pruebas claras de que la reducción en el número de localidades distintas justifique el esfuerzo necesario para realizar esta estandarización. Se necesita más investigación en esta área.
  - Identificar las localidades como marinas, terrestres, acuáticas de agua fresca o paleontológicas. La misma descripción de una localidad puede referirse a más de una categoría (p. ej. ubicaciones en costas) a menos que se use más información para limitar las opciones (ver [Aplicando Restricciones Espaciales]). Al tratar con localidades únicamente, se deben considerar todas las posibilidades ambientales.
  - Crear e identificar de forma única las localidades estandarizadas y referenciar la localidad estandarizada GUID en los registros de localidad no estandarizados.
  - Comparar las localidades estandarizadas con localidades existentes que ya han sido georreferenciadas usando métodos de georreferenciación satisfactorios y extraer las georreferencias existentes (ver § 3.1.3).
- Evaluar las características de los datos a ser georeferenciados (p. ej. ¿cuántos ya tienen coordenadas sin georreferencias? ¿cuántos consisten sólo en la división político administrativa? ¿cuál es la distribución geográfica de las localidades?) en aras de determinar los recursos que serán necesarios para completar el proyecto.
- Estimar los recursos necesarios para completar el proyecto utilizando la información determinada en la fase de preparación del proyecto.
- Adquirir los recursos para completar el proyecto.
- Entrenar colaboradores participantes y operadores de georreferenciación (ver § 6.3.1 y § 6.6).

- Establecer una convención y las herramientas para gestionar la participación (tareas).
- Preparar los requisitos y herramientas de captura de datos (ver § 3.1.5, § 3.1.7, [Usando Estándares y Pautas] y § 5.1).
- Asignar prioridades a conjuntos de localidades estandarizadas.
- Asignar conjuntos de localidades estandarizadas a los participantes.

Fase de georreferenciación

- Los participantes [georreferencian] los conjuntos de localidades asignados como se describe en § 3.2.
- Los participantes utilizan protocolos y herramientas como la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) y la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020).

Fase de Seguimiento del Proyecto

- Verificar las georreferencias para cumplir con los requerimientos de calidad de datos (p. ej. registros georreferenciados en mapas para asegurarse de que caen en el hemisferio o país correcto, etc.) (ver [Verificación y Limpieza de Datos]).
- Poblar los registros estandarizados de localidades con datos para las georreferencias.
- La actividad curatorial normal no suele suspenderse durante un proyecto de georreferenciación, lo que abre la posibilidad de que la información de la localidad pueda ser cambiada para algunos registros en la base de datos fuente después de ser agregada para la georreferenciación y antes de ser reincorporada a la base de datos fuente. Para los registros de base de datos que no tenían cambios en la información localidad antes de reincorporarse, se deben rellenar los registros originales de los registros estandarizados de la localidad con georreferencias.
- Repatriar los registros originales anexando los datos de localidad georreferenciados estandarizados a las instituciones correspondientes (este paso es principalmente relevante en proyectos colaborativos).
- Apoyar la incorporación de los datos de la localidad georreferenciada estandarizada en los sistemas de gestión de datos fuente (ver § 6.2).
- Apoyar la divulgación de los datos originales georreferenciados estandarizados (incluyendo generalizaciones y retenciones adicionales) en plataformas de datos abiertos como GBIF (ver § 5).
- Establecer una política de mantenimiento de datos a largo plazo que incluya la gestión de la retroalimentación sobre la calidad de los datos y la documentación de los cambios (ver § 6.2).

3.1.2. Ejemplo de Flujo de Trabajo de Proyecto: MaNIS/HerpNET/ORNIS

Una de las principales contribuciones del proyecto Mammal Networked Information System (MaNIS) (Stein & Wieczorek 2004) fue el diseño y la implementación de un conjunto de directrices para georreferenciar (Wieczorek 2001) y recursos en línea para unhttp://georeferencing.org/manis/GorefSteps.html[Flujo de Trabajo Colaborativo Para Georreferenciación^]. El mismo flujo de trabajo básico se implementó con gran éxito para los proyectos hermanos, HerpNET y el Ornithological Information System (ORNIS). Entre los tres proyectos, más de 1,2 millones de localidad fueron georreferenciadas para 4.5 millones de registros de vertebrados. El flujo de trabajo básico fue más o menos el siguiente:

- Establecer un método de georreferenciación y seleccionar las herramientas a utilizar.
- Entrenar a los participantes (una combinación de servicios de asistencia, foros, documentos y en

el caso de HerpNET, cursos).

- Establecer una convención y las herramientas para gestionar los paquetes de trabajo de georreferenciación para los participantes.
- Agregar ocurrencias y extraer localidades distintas en un proyecto [gacetero].
- Involucrar a los participantes para reclamar y completar (georreferenciar) paquetes de trabajo.
  - Los participantes descargan los paquetes de trabajo.
  - Los participantes georreferencian el paquete de trabajo, consultan documentación y a colegas para resolver preguntas.
  - El paquete de trabajo terminado es enviado al coordinador del proyecto.
- El coordinador del proyecto valida que las georreferencias satisfagan los estándares de calidad de datos.
- El coordinador del proyecto llena el << gacetero >> comunal con las georreferencias validadas.
- Una vez se complete el proceso de georreferenciación para todo el proyecto, el coordinador del proyecto debe validar que las localidades de los registros originales no hayan cambiado desde que se agregaron al gacetero y repatria los registros con sus respectivas georreferencias a los custodios de los datos participantes.
- Todos los involucrados se regocijan.
- Los participantes añaden los datos georreferenciados a sus sistemas de gestión de datos a medida que el tiempo y los recursos lo permiten.
- Los registros georreferenciados se comparten a través de redes globales de biodiversidad como VertNet (Guralnick & Constable 2010) y GBIF.

3.1.3. Usando Registros Previamente Georreferenciados

Es posible utilizar un sistema de búsqueda para encontrar localidades similares que ya hayan sido georreferenciadas. Por ejemplo, si se tiene un registro con una localidad "10 km NW de Campinas", se pueden buscar todos los registros con la localidad "Campinas" y ver si existen registros georreferenciados anteriormente que correspondan a "10 km NW de Campinas". Tenga en cuenta que siempre vale la pena verificar la georreferencia en un mapa, esto puede hacerse fácilmente utilizando software como Google Maps, Google Earth, etc. Verificar de esta forma puede reducir errores tales como descuidar añadir el signo menos (–) a una coordenada en el hemisferio oeste o sur.

Una extensión de este método podría beneficiarse de un sistema de datos distribuido como GBIF.org. Podría hacer una búsqueda para conocer si la localidad ya ha sido georreferenciada por otra institución. En la actualidad, nos encontramos con frecuencia con que a los registros duplicados distintas instituciones les han asignado georreferencias significativamente diferentes. Probablemente, esto no ocurriría si se siguieran las buenas prácticas o si la georreferenciación se hiciera por la institución fuente antes de distribuir duplicados.

Un estudio preliminar (Wieczorek pers. comm.) que incluía aproximadamente 33.1 millones de registros de 38.7 taxa de plantas en GBIF desde el 15 de abril del 2019 (GBIF 2019) mostró que los registros estaban asociados con 7.2 millones de ubicacioces, de las cuales el 25.7 por ciento (30.9 por ciento de los registros) ya contaban con georreferencias (en específico `decimalLatitude`, `decimalLongitude`, `geodeticDatum` and `coordinateUncertaintyInMeters`). De los registros que no tenían georreferencias se encontraron coincidencias exactas (en los campos de geografía y de localidad, todo en mayúscula) con otras ubicaciones en GBIF para el 2.5 por ciento de las ubicaciones (11.4 por ciento de los registros).

En el caso de encontrar múltiples georreferencias posibles mediante una búsqueda de localidades

existentes previamente georreferenciadas, el problema es saber cuál de las georreferencias elegir, si es que se llega a elegir alguna.

Si la georreferencia no está totalmente documentada siguiendo las buenas prácticas (incluyendo ser reproducible), recomendamos que las georreferencias existentes no se utilicen (o que se utilicen sólo con extrema precaución). Incluso, si la georreferencia está completamente documentada, debería ser verificada visualmente en un mapa para asegurarse de que tiene sentido al igual que para cualquier georreferencia nueva.

> La reutilización de georreferencias existentes puede propagar errores si se cometió un error la primera vez. Las georreferencias existentes deben ser verificadas igual que cualquier georreferencia generada recientemente.

3.1.4. Recursos Necesarios

Cada institución necesitará diferentes recursos para [georreferenciar] sus datos de § 2.2. Sin embargo, los recursos básicos incluyen:

- Equipos de computación adecuados para soportar todo lo que se menciona a continuación.
- Una base de datos y un software de base de datos (las hojas de cálculo pueden ser aptas para la captura de datos, pero dejan mucho que desear en comparación con bases de datos para la gestión de datos, para las cuales no se recomienda el uso de hojas de cálculo). Tenga en cuenta que existen muchos sistemas de gestión de bases de datos ya establecidos y disponibles para su uso con datos de biodiversidad. Compruebe si alguno de estos puede funcionar para su propósito antes de desarrollar el suyo, esto puede ahorrarle mucho trabajo adicional. Muchos incluyen también aspectos de calidad de datos que podrían ayudar a mejorar la calidad de sus propios datos.
- Mapas topográficos o batimétricos (electrónicos, físicos o ambos), mapas geológicos (para eventos paleontológicos) y/o mapas espeleológicos (para eventos en los sistemas de cuevas).
- Acceso a buenos gaceteros (muchos están disponibles gratis a través de Internet, ya sea para descargar o para búsqueda en línea).
- Acceso a Internet (ya que hay muchos recursos en línea que ayudarán a georreferenciar y a localizar lugares).

3.1.5. Datos a Capturar

Uno de los pasos de preparación más importantes para la georreferenciación eficente es tener una forma efectiva de manejar los datos. Esta sección le ayudará a decidir si su marco de captura de datos necesitará modificaciones o no y en qué medida.

Algunos proyectos de georreferenciación (p. ej. MaPSTeDI (Murphy et al. 2004)) usaron una base de datos de trabajo independiente para los operadores de entrada de datos, de modo que los datos principales no se modificaron y el uso diario de la base de datos no se entorpeció. Esto también significó que la base de datos de trabajo pudo diseñarse de forma óptima para la entrada de datos, en lugar de intentar acomodarse a otros requisitos de búsqueda y a otra administración de bases de datos. La calidad de los datos de la base de datos de trabajo pudo verificarse y luego se integraron los datos a la base de datos principal periódicamente. Esta forma de operar depende de la institución y vale la pena considerarla.

¿Cuáles son los campos que necesita en su base de datos para almacenar la información de georreferenciación de la mejor manera? Esto puede parecer obvio, pero es sorprendente con qué frecuencia se crea y finaliza una base de datos antes de que se determine exactamente qué es lo que

se supone que la base de datos debe mantener. Asegúrese de no juntar datos distintos en un solo campo. Siempre divida los datos en campos separados con definiciones y reglas muy específicas para su contenido.

También es beneficioso que los nombres de los campos no sean ambiguos, pues los usuarios suelen guiarse por los nombres de los campos en vez de mirar las definiciones. Por lo tanto, 'latitud_en_grados' es un mejor nombre que 'latitud' para un campo que supuestamente contiene latitudes en grados decimales, mientras que 'latitud_original' es un mejor nombre para un campo que debe contener la latitud en el formato dado en la fuente. Los nombres y definiciones de los campos del Darwin Core Wieczorek et al. 2012b) fueron creados específicamente con este principio de claridad en mente. Con el fin de aprovechar un conjunto de definiciones de estándares comunitarios, no es una mala idea usar los nombres de los campos del Darwin Core como nombres de los campos en la base de datos si la semántica de ambos es la misma.

Tenga en cuenta, sin embargo, que los resultados de la georreferenciación podrían beneficiarse de campos adicionales que no se encuentran en el Darwin Core (p. ej. 'radio_entidad geográfica', 'UnidadesRadio') para facilitar la replicabilidad de la georreferencia y así poner a prueba su veracidad. A menudo es tentador incluir campos para las coordenadas georreferenciadas e ignorar cualquier campo adicional. Sin embargo, es probable que se arrepienta de elegir un enfoque minimalista, pues limita severamente la utilidad de los datos. Una localidad ocupa una extensión física, no solo un punto. La información sobre los métodos utilizados para determinar la georreferencia, la extensión, el radio y la incertidumbre asociada con la georreferencia son piezas de información importantes para el usuario final, así como para gestionar y mejorar la calidad de su información. Los campos necesarios pueden dividirse en dos categorías: la primera consiste en los campos asociados con la descripción textual de la ubicación y la segunda consiste en los campos asociados con la interpretación espacial, como la georreferencia y el proceso de georreferenciación.

Al dividir los datos en el proceso de entrada, siempre incluya uno o varios campos que registren los datos en su forma original. De esta manera se pueden las divisiones y otras transformaciones se pueden demostrar y verificar.

Las transformaciones de formato automáticas a grados decimales pueden introducir falsa precisión. Ver §1.6.

Tenga cuidado con cualquier edición o transformación automática en su base de datos, especialmente al incorporar los datos originales. A veces se restringen algunos campos de las bases de datos para recibir un determinado tipo o formato (p. ej. números, fechas, etc.), esto puede generar cambios en los datos originales y provocar pérdidas irrecuperables de información. En este sentido, se recomienda que establecer todos los campos de datos originales para ser de tipo "text". También tenga en cuenta la codificación de los datos al importar y exportar, porque si la codificación de los datos no coincide con la codificación del destino, los datos pueden corromperse.

Siempre es aconsejable probar la estructura de su base de datos con una pequeña muestra de registros antes de comprometerse a utilizarla para todo el proyecto. Al hacerlo, puede detectar campos adicionales que son necesarios y/o campos que requieren que se revise su definición o que no se utilizan en absoluto.

Una referencia que vale la pena consultar antes de desarrollar su propio sistema de base de datos es los Estándares de Información de Herbario y Protocolos para el Intercambio de Datos (Conn 1999, Neish et al. 2007), que, a pesar de que fue creado para el intercambio de datos entre herbarios, es aplicable a la mayoría de los datos de colecciones de historia natural.

Muchas instituciones separan las descripciones de las § 2.2 en las partes que las componen: nombre de la entidad geográfica, distancia, dirección, etc., y almacenan esta información en campos separados en sus bases de datos. Si se decide dividir la información de la localidad, es importante no reemplazar el campo original de texto libre (los datos escritos tal como en la etiqueta o en la libreta de campo), en cambio debe agregar campos adicionales. Esto es necesario pues cualquier transformación de datos tiene el potencial de generar una pérdida de información e introducir errores. En este caso el formato escrito de la descripción puede ser la única fuente original disponible. La información original *nunca* debe ser sobrescrita o eliminada.

Los campos relacionados con la ubicación a considerar para la georreferencia incluyen: la totalidad de la geografía, la localidad, la elevación, la profundidad y los campos de georreferencia en la clase Ubicación del Darwin Core (ver término:dwc[location] y § 5.1) así como los siguientes campos que pueden tener influencia en la georreferencia:

- Tantos niveles de subdivisión administrativa como sea necesario (p. ej. país, estado, condado, municipio, etc.), aunque si el alcance geográfico es multinacional, es mejor nombrar las subdivisiones administrativas de manera más genérica para evitar confusión (p. ej. país, geog_admin_1, geog_admin_2, etc.)
- Nombre de la entidad geográfica, tipo de la entidad geográfica, distancia de desplazamiento, dirección de desplazamiento, unidades del desplazamiento
- Forma geométrica de la entidad geográfica, centro de la entidad geográfica, radio de la entidad geográfica
- Municipio (township), rango, sección (section), subsección o similares para otro tipo de sistemas de grillas
- Área protegida
- Cuenca hidrográfica
- Mapas quad
- Universal Transversa de Mercator (UTM) este, [norte] y zona
- Para ubicaciones marinas: isla más cercana, zona económica exclusiva, etc.
- Exactitud de la elevación, datum vertical y el método usado para determinar la elevación
- Exactitud de la profundidad, datum vertical y el método usado para determinar la profundidad
- Grados de latitud, minutos de latitud, segundos de latitud, hemisferio de latitud, grados de longitud, minutos de longitud, segundos de longitud, hemisferio de longitud
- Bioma, para distinguir las ubicaciones terrestres, acuáticas de agua dulce y marinas
- Fecha del evento (mejor seguir y aplicar un formato estándar, como ISO 8601 (ISO 2019). Tenga en cuenta que si su proyecto trata únicamente con información de ubicaciones (disociado de registros o registros de eventos), esto puede no ser posible o aconsejable.
- Campos en la clase `GeologicalContext` (contexto geológico) del Darwin Core para registros paleontológicos

> Cuando agregue campos adicionales a su base de datos, siempre considere que cuantas más campos añada, mayor es la probabilidad de que los operadores de entrada de datos puedan cometer un error. Por lo tanto, aunque tener más campos tiene muchas ventajas a la hora de verificar los resultados, trate de evitar el sobre análisis de información si no es realmente necesario.

3.1.6. Aplicando Restricciones de Datos

Una de las formas clave de asegurarse de que los datos estén estandarizados y sean exactos es garantizar, en la medida de lo posible, que los datos estén en el campo correcto y que sólo un tipo apropiado de datos puedan ser ingresados en cada campo. Esto se hace aplicando restricciones a los campos de datos (por ejemplo, el campo latitud decimal sólo permite valores entre +90 y −90). Muchos de los errores encontrados al revisar las bases de datos podrían haberse evitado fácilmente si la base de datos se hubiera configurado correctamente en primer lugar. El uso de listas de selección es esencial cuando el campo debe contener sólo valores de una lista restringida de términos.

También se pueden incluir restricciones más complejas. Por ejemplo, con datos o muestreos ecológicos se podrían establecer restricciones de límite entre la localidad de inicio y la localidad final de un transecto. Por ejemplo, si su metodología siempre utiliza transectos de 1km o más cortos, entonces la base de datos podría incluir una restricción límite que señalara cada vez que se intentara situar estos dos puntos más de 1 km de distancia.

Para más información sobre restricciones, vea varias secciones abajo [Incertidumbre Debido a la Extensión de la Entidad Geográfica].

3.1.7. Interfaces de Usuario

Las buenas interfaces amigables con el usuario son esenciales para hacer la georreferenciación eficiente y rápida, también para reducir los errores del operador. El diseño debe tener en cuenta los detalles específicos del flujo de trabajo de georreferenciación y optimizar simultáneamente tanto la eficiencia general como la consistencia del proceso de entrada de datos. Esto mejorará la exactitud y reducirá los errores. El diseño debe ser amigable, fácil de usar y agradable a la vista. Cuando sea posible (y el software lo permita) se deben presentar varias maneras diferentes de visualizar los datos. Estas visualizaciones pueden hacer hincapié en diferentes aspectos de los datos y ayudar a la eficiencia de los operadores de datos al permitirles diferentes maneras para ingresar los datos y presentandoles una visualización variable.

De la misma manera, los macros y los scripts pueden ayudar con procedimientos automatizados y semi-automatizados, reduciendo la necesidad de repeticiones tediosas (y que consumen mucho tiempo). Por ejemplo, si los datos están siendo introducidos desde varias colecciones por un colector y son registros tomados al mismo tiempo, en la misma ubicación, se debe ser capaz de ingresar la información que se repite de registro a registro usando sólo una o dos pulsaciones de teclado.

Si se están usando mapas para apoyar la determinación de las georreferencias, una vista que ordene los datos geográficamente también puede hacer el proceso más eficiente, permitiendo que el operador de datos vea todos los registros que pueden caer en una misma zona del mapa. Por último, también es importante decidir cuáles son los campos que los operadores de entrada de datos deben ver cuando están georreferenciando. Campos como fecha de colección, colector, ID del espécimen, taxonomía, hábitat y la formación (para los registros paleontológicos) es muy útil que los georreferenciadores los vean junto con los datos más obvios de la localidad.

3.1.8. Usando Normas y Pautas

Las metodologías estándar, los estándares internos y las pautas, pueden ayudar a que haya consistencia a través de la base de datos y a reducir el margen de error. Antes de empezar cualquier proceso de georreferenciación se debe establecer un conjunto de estándares y pautas (ver § 2.17). Este conjunto debe mantenerse lo suficientemente flexible como para dar cabida a nuevos datos y cambiar en los diferentes procesos a través del tiempo. El pensamiento minucioso con antelación puede minimizar la necesidad de cambios metodológicos, que podrían generar inconsistencias cuando faltan esfuerzos previos a comparación de las inconsistencias producidas bajo los nuevos

protocolos. Los estándares y pautas en las siguientes áreas pueden mejorar la calidad de los datos y la eficiencia de la entrada de datos:

- Unidades de medida. Utilice una sola unidad de medida en los campos interpretados. Por ejemplo, no permita una mezcla de pies y metros en los campos de elevación y profundidad. Independientemente de ello, las unidades y las mediciones originales deben conservarse en un campo original.
- Métodos y formatos para determinar y registrar la incertidumbre y extensión.
- Campos obligatorios (campos que deben tener valores significantes, no vacíos).
- Formato para el registro de las coordenadas (p. ej.grados/minutos/segundos, grados/minutos decimales, o grados decimales para latitud y longitud).
- Fuente(s) original de nombres de lugares y entidades geográficas.
- Cómo tratar con errores tipográficos y otros errores en la base de datos existente.
- Número de cifras decimales a mantener en los diversos campos que contienen números decimales.
- Cómo tratar con los valores "vacíos" en lugar del valor numérico cero (Nota: configure las bases de datos para no proporcionar 0 para un valor vacío).
- Cómo tratar los campos obligatorios que no se pueden ingresar inmediatamente (p. ej. porque hay que encontrar una referencia). Puede haber una necesidad de un valor por defecto que indique que la información sigue siendo requerida.
- Métodos de validación de datos que se llevarán a cabo antes de que un registro pueda considerarse completo y verificado.

Determinar y documentar las buenas prácticas de georreferenciación propias de su institución en manuales, por ejemplo que se adapte a las circunstancias de ese instituto (incluyendo idioma, software y recursos locales, etc.), puede ayudar a mantener la consistencia así como a ayudar en la capacitación y al registro de calidad de datos. Como ejemplo recomendamos ir a Escobar et al. 2015, donde se ha desarrollado y puesto en práctica un documento interno para el Instituto Alexander von Humboldt en Colombia. Ver también § 2.17.

3.1.9. Operadores de Entrada de Datos

Una de las fuentes más grandes de error en la georreferenciación es el proceso de entrada de datos. Es importante que este proceso sea fácil de usar y configurado de tal manera que no puedan ocurrir muchos errores (p. ej. a través del uso de listas de selección, restricciones de campos, etc.) La selección y formación de los operadores de entrada de datos (ver debajo en § 6.6) puede marcar una gran diferencia en calidad final de los datos georreferenciados. Como se ha mencionado anteriormente, la provisión de buenas pautas y normas puede ayudar en el proceso de entrenamiento y permitir que los operadores de entrada de datos refuercen su formación con el tiempo.

3.2. Flujo de Trabajo de Georreferenciación: Localidades

En el corazón de cualquier proyecto georreferenciación se encuentra la georreferenciación práctica de cada una de las localidades. El valor de hacer bien este proceso no se puede sobrestimar.

Independientemente de que haya otros pasos antes de este en un flujo de trabajo de un proyecto, para las localidades individuales recomendamos el siguiente flujo de trabajo de georreferenciación, mejorado de Wieczorek et al. 2004.

- Elegir el método de georreferenciación (p. ej. radio-punto, caja delimitadora, forma geométrica) a usar. Se puede hacer esto para todas las localidades o caso por caso (ver § 3.3).
- Descomponer la localidad en clausulas de localidad (ver [Descomponiendo la Descripción de la Localidad]).
- Identificar la(s) entidad(es) geografica(s) y determinar el tipo de localidad de la [clausula de la localidad] más específica (ver § 3.2.2).
- Encontrar la(s) entidad(es) geografica(s) en una fuente de datos espaciales (p. ej. mapa, [gacetero], capa GIS, interfaz de programación de aplicaciones (API)) que pueda darle una idea de dónde está la característica con unas coordenadas, una caja de delimitadora, un radio-punto o una forma geométrica).
- Determinar los límites de la(s) entidad(es) geográfica(s) (ver § 3.2.3) incluyendo todas las restricciones (ver [Aplicando Restricciones Espaciales]).
- Siga el protocolo de la Guía de Referencia Rápida de Referenciación de link:https://docs.gbif.org/georeferencing-quick-reference-guide/1.0/en/(Zermoglio et al. 2020)^] para georreferenciar la localidad basado en el tipo de localidad de la cláusula más específica y la forma geométrica o radio-punto de la entidad geográfica restringida obtenida en el paso anterior.
- Documentar las fuentes y métodos lo suficiente como para hacer que la georreferencia resultante sea reproducible (ver § 1.1).

Aunque la lista de pasos anteriores se aplica a un único registro de localidad, la forma más eficiente de implementar estos pasos podría ser hacer cada paso para todas las localidades del conjunto y usar los resultados de cada paso para organizar el siguiente paso. Por ejemplo, identificando las entidades geográficas de todas las cláusulas más específicas, se podrían filtrar las localidades por entidad y con la información acumulada sobre la entidad de todas las localidades a la mano, puede georreferenciar todas las localidades que contienen la misma entidad al mismo tiempo. También se podrían calcular estadísticos sobre el número de registros afectados al determinar los límites de cada entidad geográfica y utilizarlos para priorizar las localidades a ser georreferenciadas, si con los recursos disponibles no es posible georreferenciar todo. Este tipo de extracción de entidades podría hacerse en el paso de agregación de georreferencias en la fase de preparación (ver § 3.1.1).

3.2.1. Analizando la Descripción de la Localidad

Las descripciones de la localidad se dan a menudo en texto libre y engloban una amplia gama de contenidos en una variedad de formatos. Una parte importante del proceso georreferenciación es establecer una forma consistente de interpretar el texto en formas espaciales que pueden operarse analíticamente. Para hacer esto, busque las partes de la descripción que pueden ser interpretadas de forma independiente, llamadas clausulas de localidad, cada una de las cuales puede ser categorizada en un tipo de localidad (ver § 3.2.2) que utiliza un conjunto específico de reglas para ser georreferenciada (Wieczorek et al. 2004).

3.2.2. Clasificando la Descripción de la Localidad

Hay muchas variaciones en la forma en que están escritas las clausulas y los tipos de entidades a los que hacen referencia. Sin embargo, hay muy pocos tipos de localidad básicos, aunque pueden tener muchas variaciones dependiendo del tipo de entidad geográfica referenciada. La Guía de Referencia Rápida de Referenciación (Zermoglio et al. 2020) fue escrita específicamente para explicar cómo georreferenciar todas las variaciones más comunes de los tipos de localidades y los tipos de entidad geográfica (Wieczorek et al. 2004):

- solo coordenadas (e.g. 27°34'23.4" N, 121°56'42.3" O)
- solo entidad geográfica (p. ej. "Bakersfield")

- solo distancia (p. ej. "a 5 mi de Bakersfield")
- solo [orientación cardinal] (p. ej. "Norte de Bakersfield")
- distancia a lo largo de una ruta (p. ej. "13 millas al este (por carretera) de Bakersfield")
- distancia a lo largo de direcciones ortogonales (p. ej. "2 millas al este y 3 millas al norte de Bakersfield")
- distancia en una orientación (p. ej. "10 millas al este (por aire) de Bakersfield")
- distancias desde dos rutas distintas (p. ej. "1,5 millas al este de Louisiana State Highway 1026 y 2 millas al sur de U.S. Highway 190")
- (por ejemplo, "probablemente Chile central")
- no se puede localizar (por ejemplo, "localidad no registrada")
- demostrablemente inconsistente (ej. "Condado de Sonoma del lado del Río Gualala, Condado de Mendocino")
- cautivo o cultivado (p. ej. "San Diego Wild Animal Park")

Una descripción completa de una localidad puede contener varias cláusulas. El objetivo de una georreferencia es describir la ubicación donde todas las cláusulas son simultáneamente verdaderas. En términos GIS, esta sería la intersección de las formas geográficas de todas las cláusulas presentes en la descripción de la localidad. Como humanos, eligiríamos la cláusula más específica y georreferenciaríamos basados en eso, utilizando la información de las otras cláusulas para filtrar entre múltiples posibilidades. Por ejemplo, una localidad escrita como

```
puente sobre el río St. Croix, 4 km N de Somerset
```

debe ser georeferenciada con un tipo de localidad "solo entidad geográfica" con el subtipo Entidad Geográfica con una Extensión Espacial Obvia como en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) basado en el *puente* como la entidad geográfica. Por supuesto, la segunda cláusula nos ayuda a determinar qué puente (algo que no podríamos hacer sin esa segunda cláusula), pero más allá de eso la segunda cláusula no contribuye nada a los límites de la entidad, ni a la incertidumbre en la georreferencia final.

Si la parte más específica de la localidad no puede ser identificada sin ambigüedades, entonces la siguiente parte menos específica de la localidad ("4 km N de Somerset" en el ejemplo anterior) debe ser georreferenciada. En un caso como este, anote en las observaciones de la georreferencia con algo como "no fue posible encontrar el puente georreferenciado '4 km N de Somerset'".

Algunas descripciones de la localidad dan información sobre la naturaleza del desplazamiento ('por ruta', 'por río', 'por aire', 'por el valle', etc.. Tener esta información simplifica la elección del tipo de localidad basado en desplazamiento como § 2.9.3 o [Desplazamiento a lo Largo de una Ruta].

Ejemplo 2. Clasificando la descripción de la localidad

país	AR
estadoProvincia	Neuque□n
condado	Los Lagos
localidad	12. km N de (por carretera) Nahuel Huapi, elev: 760m

En este ejemplo, hay cuatro campos que aportan cinco cláusulas distintas. Cada uno de los tres términos de división político administrativa tiene una cláusula del tipo "sólo entidad geográfica_"

con el subtipo "*Entidad Geográfica con una Extensión Espacial Obvia*" (ver Entidad Geográfica con una Extensión Espacial Obvia en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al). 2020)), mientras que el campo de la localidad contiene una cláusula ("12. km N de (por ruta) Nahuel Huapi") del tipo "*Distancia a lo Largo de una Ruta*" (ver Desplazamiento: Distancia a lo Largo de una Ruta en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación) y una cláusula ("elev: 760m") del tipo "*Solo Entidad Geográfica*" con un subtipo "*Entidad Geográfica: Ruta*" (ver Entidad Geográfica: Ruta en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación). La más específica de las cinco cláusulas es "12,3 km N de (por carretera) Nahuel Huapi".

A veces es posible inferir la naturaleza de la ruta de desplazamiento a partir de evidencia adicional de apoyo en la descripción de la localidad. Por ejemplo, la localidad

```
58 km de NO de Haines Junction, Lago Kluane
```

sugiere una medición por carretera, ya que las coordenadas finales por ese camino están más cerca del lago que ir 58 km NO en una línea recta. En otros momentos, puede que tenga que consultar fuentes complementarias detalladas, como notas de campo, itinerarios de los colectores (ver [Usando los Itinerarios de los Colectores]), diarios, o colecciones consecutivas hechas el mismo día para determinar esta información.

Si alguna de las cláusulas de la descripción de la localidad está clasificada como uno de los tres tipos de localidad, '*dudosa*', '*no se puede ubicar*', o '*demostrablemente inconsistente*', entonces la localidad no debe ser georreferenciada. En lugar de ello, debería hacerse una anotación al registro de la localidad explicando por qué no se está georreferenciando. Ver también Localidades Difíciles en Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

3.2.3. Estableciendo los Límites de la Entidad Geográfica

Independientemente del método a utilizar (forma geométrica, caja delimitadora o radio-punto), el protocolo de georreferenciación para casi cada uno de los [tipos de localidad] comienza con la identificación de las entidades geográficas de referencia en la descripción de la localidad y la determinación del límites geográficos de sus extensiones. Esta es generalmente la parte más crítica y lenta de los protocolos. Es mejor utilizar una referencia visual para determinar los límites. Si una búsqueda del nombre de la entidad en una fuente visual no arroja la entidad de interés, es una buena idea usar las coordenadas de un [gacetero] para encontrar la entidad en un mapa y luego usar el mapa para encontrar los límites:

- **Método Radio-punto**: almacenar el centro corregido de los límites restringidos del paso anterior como latitud decimal y [longitude]decimal y almacenar el radio geográfico como una distancia en las unidades dadas en la claúsula de la localidad más específica. Si no hay unidades de distancia en esa cláusula, utilice metros (ver [Método Radio-Punto]).
- **Método de Caja Delimitadora**: almacenar las coordenadas más lejanas al norte, sur, este y oeste en los límites restringidos de la función (ver § 3.3.3).
- **Método de Forma Geométrica**: almacenar los límites restringidos resultantes como una forma geométrica (ver § 3.3.4).

Utilice la información de otras cláusulas, como la división político administrativa, información de otros campos de ubicación como elevación e información ambiental (p.ej. terrestres, acuáticos de agua dulce, marinos, específicos de taxón) para restringir la extensión como sea apropiado (ver [Aplicando Restricciones Espaciales] y [Aplicando Restricción de Datos]).

3.2.4. Aplicando Acotaciones Espaciales

Hay muchas maneras en que se puede acotar una ubicación más allá de lo que la geografía y las descripciones de las localidades sugieren por si solas. Hacerlo depende de usar la información adicional sobre la ubicación, como la elevación o la profundidad, información litoestratográfica para los fósiles o información fuera de la de la ubicación, como restricciones ambientales para una especie en particular. Hay implicaciones importantes sobre el flujo de trabajo y el esfuerzo requerido que se deben tener en cuenta al aplicar acotaciones adicionales. Por ejemplo, si se van a aplicar restricciones de taxón, la georreferenciación no se puede hacer estrictamente sobre la información de la ubicación, lo que significa que debe hacerse sobre registros de presencia o sobre un índice que combine la ubicación y el taxón. Este proceso sería mucho más lento que la georreferencia basada únicamente en la ubicación. Un buen equilibrio sería georreferenciar en múltiples etapas, con la primera etapa basadandose en la información de la ubicación y una etapa posterior incluyendo el resto de la información del registro. También puede haber una etapa final de revisión por los colectores para poder establecer el `dwc:georeferenceVerificationStatus` (estado de la verificación de la georreferenciación) como "verificado por el colector", el mejor estado que una georreferencia puede tener.

Restricciones de Taxón

Es común encontrar descripciones de localidades para las cuales los límites y la incertidumbre podrían acotarse si se conoce el taxón y sus restricciones ambientales o geográficas.

Un caso en el que una restricción de taxón podría ser aplicada es cuando la descripción de la localidad podría ser georreferenciada de una manera distinta si se supiera que era terrestre, acuático o marino. Incluso, aquí se podría tener en cuenta la etapa del ciclo de vida de un taxón.

OBIS (el Sistema de Información de Biodiversidad del Océano) utiliza el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS 2019) para determinar si una especie puede ser clasificada como marina o terrestre. Sin embargo, hay que tener en cuenta que hay muchas especies incluidas en la base de datos de WoRMS que ocurren en orillas costeras o en estuarios (en específico, especies que podrían considerarse tanto marinas como terrestres en algún momento de su ciclo de vida), así que hay que tener cuidado al usar este método en la georreferenciación.

En el nivel genérico hay servicios similares de asignación de biomas disponibles a través de Interim Register of Marine and Nonmarine Genera (IRMNG) y http://www.lifewatch.be/data-services/[LifeWatch taxon matching services.

Otro caso en el que se podría tener en cuenta el taxón es aquel en el que un rango de distribución o las condiciones ambientales sugieren una restricción en los límites de una ubicación. Sin embargo, este tipo de restricción en una georreferencia no es recomendable, porque un organismo cuya ubicación se encuentre fuera de un mapa del rango establecido puede ser un registro atípico verdadero o una mala identificación del taxón. Teniendo esto en cuenta, tal información puede ayudar a distinguir entre dos posibles ubicaciones de la misma entidad geográfica, donde una posible ubicación se ajusta a las condiciones ambientales para el taxón y la otra está fuera del rango. Esta información de apoyo también es particularmente útil después de la georreferenciación para revelar posibles registros de extensiones de rango, invasiones exóticas o taxones crípticos.

Usando Restricciones de Fecha

La fecha es una característica importante de un evento y debe ser registrada. Las ciudades, vías, condados e incluso los países pueden cambiar de nombre y ímites con el tiempo, incluso puede dejar de existir como entidades geográficas vigentes. Los ríos y costas pueden cambiar de posición; los lagos, estanques y brazos muertos pueden aparecer y desaparcer y las áreas de un ambiente prístino puede convertirse en tierras de cultivo o áreas urbanas.

Ejemplo 3. Restricciones de fecha

> "La localidades de colecta a lo largo de Alaska Highway se dan con frecuencia en términos de marcadores de millas. Sin embargo, Alaska Highway es aproximadamente 40 km más corta que en 1942 y las mejoras en la carretera siguen redirigiendola y acortándola cada año. Por lo tanto, determinar la ubicación exacta de un kilometraje requeriría remitirse a la fecha de colecta. Para complicar aún más las cosas, Alaska utiliza marcadores de millas históricos (calibrados a las distancias de 1942), el Yukon utiliza marcadores de millas históricos convertidas a kilómetros y Columbia Británica utiliza kilómetros reales (expresados en kilómetros). De Wheeler et al. 2001

En la medida de lo posible, el objetivo es tener un [georeference] y sus incertidumbres basándose en las condiciones del momento en que ocurrió un evento en una localidad. Esto tiene dos implicaciones importantes. Una es que los mapas actuales y gaceteros pueden no reflejar las condiciones en el momento del evento y la otra es que los mapas antiguos y los gacetero pueden no representar bien las condiciones de eventos futuros.

Recomendamos que este tipo de restricción se utilice en un paso de seguimiento en el flujo de trabajo, para tratar con localidades en el nivel de evento en lugar de intentar construir un gacetero que incluya colectar fechas.

Usando Restricciones de Elevación y Profunidad

La elevación a menudo se puede utilizar como una restricción para distinguir entre dos localidades con nombres similares o para refinar la incertidumbre en una georreferencia. Si se dan elevaciones máximas y mínimas, entonces los contornos de estos límites pueden utilizarse para restringir la extensión de una localidad y, por lo tanto, su incertidumbre. Si se da un único valor para la elevación, entonces la precisión de ese valor se puede utilizar para estimar las elevaciones mínimas y máximas como se describe en §3.4.6 Incertidumbre Relacionada con la Precisión de un Desplazamiento. La Guía de Referencia Rápida de Referenciación (Zermoglio et al. 2020) describe cómo georreferenciar usando restricciones de elevación en la sección 2.1.3.3. Entidad Geográfica: Ruta. También se pueden aplicar las mismas consideraciones a las profundidades del registro en casos de organismos bentónicos, cuando la profundidad del suelo del cuerpo del agua esté disponible en registros no bentónicos o para excluir las regiones geográficas donde la profundidad del cuerpo del agua es menor que la profundidad dada para el registro.

Usando los Itinerarios del Colector

Los itinerarios del colector y los recorridos de la expedición pueden ser un complemento útil para descubrir lugares que de otra manera serían difíciles de encontrar, especialmente donde puede haber más de una localidad posible dado el nombre de una entidad geográfica. Esto puede hacerse utilizando libretas de campo, informes y mapas publicados, buscando las localidades de especímenes con números de colecta adyacentes, etc. Con eventos de colectas históricas (p.ej. épocas anteriores al transporte moderno), también se puede restringir el área a buscar limitando la distancia que un colector pudo haber recorrido en un solo día. Tenga en cuenta que el nombre del colector y la fecha son piezas esenciales de información en el seguimiento de los itinerarios y, por lo tanto, no se puede hacer sólo en localidades. Por consiguiente, recomendamos que este tipo de restricción se utilice en un paso de seguimiento en el flujo de trabajo para tratar con localidades no resueltas en lugar de intentar construir un [gacetero] que incluya las fechas de colecta, nombres de los colectores y números de colectores.

Usando Registros de los Barcos

Los registros digitalizados de barcos contienen una gran cantidad de datos (Dempsey 2014) y son fuentes de datos valiosas. Una base de datos de libre descarga de registros de observación marina

superficial de buques, boyas y otros tipos de plataformas está disponible en el International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (NOAA 2018). Tenga en cuenta que la exactitud de los registros obtenidos de este conjunto de datos varía, dependiendo de la fuente original y no siempre está documentada.

Usando el Contexto Geológico

Los mapas o capas GIS de contextos geológicos, como las formaciones, pueden utilizarse para acotar la ubicación en el caso de un espécimen paleontológico que incluya dicha información en el contenido compartido del registro. Por ejemplo, si se toma un fósil de la superficie en la formación Fox Hills (que es de edad cretácica), esto puede distinguir la ubicación de otras formaciones diferentes cercanas en la superficie, como lo haría un hábitat en un contexto ecológico.

3.3. Métodos de Georreferenciación

Lo que diferencia los distintos métodos de georreferenciación es el enfoque básico tomado para capturar datos espaciales de la ubicación. Dentro de cada método debe haber protocolos para producir georreferencias basándose en la descripción de la localidad de entrada y otra información de soporte. El objetivo de cualquier método de georreferenciación y sus protocolos específicos y documentados debería ser crear una representación espacial de toda la ubicación, incluyendo todas las incertidumbres involucradas, con suficiente información y documentación complementaria para hacer que la georreferencia sea reproducible.

3.3.1. Método del Punto

Teniendo en cuenta las aspiraciones de los métodos de georreferenciación descritas en el párrafo anterior, el método del punto, que consiste solo en coordenadas o coordenadas en un sistema de referencia de coordenadas, es insuficiente para ser útil, excepto para centrar un punto en un mapa (e incluso eso puede ser potencialmente incorrecto sin un sistema de referencia de coordenadas). El método del punto no da ninguna indicación sobre la escala, aunque a menudo se comete el error de intentar representar la escala y/o las incertidumbres por medio de la precisión de las coordenadas. Por estas razones, el método del punto es **NO** es un producto final de un flujo de trabajo georreferenciación recomendado.

3.3.2. Método Radio-punto

El resultado del método radio-punto((Wieczorek et al. 2004) es una coordenada geográfica (el "centro corregido"), su datum geodésico y una distancia máxima de incertidumbre como un radio. La longitud del radio debe ser lo suficientemente grande para que un círculo centrado en el centro corregido y basado en el radio abarque todas las incertidumbres presentes la interpretación de la localidad. El radio-punto es una representación muy sencilla de la ubicación que contiene todos los lugares a los que la descripción de la localidad podría referirse, pero también puede circunscribir áreas que no coincidan con la descripción de la localidad.No hay ningún problema con eso. El círculo del radio-punto también puede intersecarse con otra información espacial para acotar el área efectiva dentro del círculo, tal como la elevación, para derivar una representación de forma geométrica de la localidad. Por ejemplo, calcular la intersección de un círculo de radio-punto con la forma geométrica de los contornos de elevación correspondientes en un sistema de información geográfica para obtener una forma que se ajuste mejor a la localidad descrita. De manera similar, se podría calcular la intersección de una formación geológica expuesta con una georreferencia radio-punto para refinar esta última como una forma geométrica. Los protocolos recomendados detallados para la georreferenciación utilizando el método de radio-punto se describen en la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

3.3.3. Método de Caja Delimitadora

El resultado del método de caja delimitadora(method) es un conjunto de dos coordenadas, una por cada una de las dos esquinas que se oponen diagonalmente en la caja delimitadora, junto con su sistema de referencia de coordenadas. Las esquinas definen los valores mínimos y máximos de las coordenadas, dentro de los cuales se contiene toda la localidad y sus incertidumbres. Como el método radio-punto, el método de la caja delimitadora resulta en una representación muy simple de la ubicación que contiene todos los lugares a los que se puede referir la descripción de la <<localidad>, pero también puede contener áreas que no coinciden con la descripción de la localidad.

A diferencia del método radio-punto, este método no tiene una distancia máxima de incertidumbre escalar que permita entender fácilmente o filtrar basado en el tamaño de la región delimitada, aunque se puede calcular usando la mitad de la distancia entre las dos esquinas, como se indica en las fórmulas de Vincenty (Vincenty 1975, Vincenty 1976). Así, una georreferencia de caja delimitadora puede convertirse en una georreferencia de radio-punto utilizando la distancia descrita como el radio geográfico y a partir de ahí encontrando el centro corregido, que no será igual a la centro geográfico de la caja delimitadora, excepto en los casos en que la caja delimitadora abarca distancias iguales al norte y al sur del ecuador o se basa en una [grilla] métrica.

Una georreferencia de radio-punto se puede convertir en una georreferencia de caja delimitadora mediante el uso del radio geográfico desde el centro corregido del radio-punto para determinar las coordenadas de los extremos este-oeste y norte-sur de la caja delimitadora.

> Aunque las transformaciones se pueden realizar entre las representaciones radio-punto y caja delimitadora de una ubicación, no se recomienda porque la georreferencia transformada será necesariamente más grande que la original y, por lo tanto, contiene más área que no pertenece a la ubicación real. Es mejor georreferenciar directamente utilizando el método elegido.

Al igual que el círculo de radio-punto, la caja delimitadora también puede ser intersecada con otra información espacial para acotar el área efectiva contenida.

3.3.4. Método de Forma Geométrica

El método de georreferenciación de forma geométrica (también llamado método del polígono por algunos (Yost 2015)) de determinación de la incertidumbre, es un método conceptualmente simple que delimita una localidad utilizando geometrías con uno o más polígonos, puntos con buffers o polilíneas con buffers. Una combinación de estas formas puede representar una ciudad, un parque, un río, un cruce o cualquier otra entidad geográfica o una combinación de entidades que se encuentren en un mapa. Aunque su descripción es sencilla, la tarea de generar estas formas debe tener en cuenta todas las incertidumbres y eso puede ser difícil. Salvo en el caso de los tipos de localidades más sencillos, la creación de formas geométricas es poco práctica sin la ayuda de mapas digitales, software GIS (para crear los buffers, recortar, etc.) y conocimientos especializados, todo lo cual puede ser relativamente costoso. Además, excepto en el caso de la caja delimitadora que es un ejemplo extremadamente sencillo, el almacenamiento de una forma geométrica en una base de datos puede ser considerablemente más complicado que el almacenamiento de un solo par de coordenadas con una distancia de incertidumbre escalar como en el método radio-punto. El Darwin Core (Wieczorek et al. 2012b) ofrece el campo `dwc:footprintWKT`, en el que se puede almacenar una geometría en el formato Well-Known Text (ISO 2016) acompañada del sistema de referencia de coordenadas en el campo `dwc:footprintSRS`. Los desafíos particulares para hacer que este método sea práctico para los datos de georreferenciación de las colecciones de historia natural incluyen el ensamblaje de recursos cartográficos digitales de libre acceso y el desarrollo de herramientas para la automatización del proceso de georreferenciación (Yost s.f.). Esto se debe a que, por lo general, no sólo hay que crear la geometría de la entidad geográfica (a menos que se trate de un [límite administrativo] u otra forma

disponible en una capa de datos espaciales), sino que también hay que utilizar todos los puntos de la geometría de la entidad en combinación con las incertidumbres para llegar a una forma final que incluya la ubicación con sus incertidumbres y nada más. Nótese que GEOLocate (Rios 2019) sí produce un "polígono de error" (Biedron & Famoso 2016) además de un radio-punto, pero la forma en que se hace no está documentada en detalle.

De todos los métodos discutidos en este documento, el método de forma geométrica tiene el potencial de generar las descripciones espaciales digitales más específicas de las localidades, es decir, dejar fuera zonas que no son viables como parte de la ubicación. Un radio-puntos puede derivarse fácilmente de una forma geométrica usando el centro corregido como las coordenadas y el radio geográfico de la georreferencia (no solo la entidad) como la distancia máxima de incertidumbre. Ver Figura 15 para un ejemplo en donde un radio-punto puede ser refinado usando el método de forma geométrica. Ver también § 2.3.3.

3.3.5. Método Probabilístico

Otros métodos basados en formas geométricas que utilizan enfoques probabilísticos han sido propuestos (Guo et al. 2008, Liu et al. 2009). Dado que estos métodos son incluso más complejos que el método de <<forma geométrica> y que actualmente no hay herramientas disponibles para aprovechar estos métodos, no los discutimos más allá en este documento.

3.4. Calculando Incertidumbres

Independientemente del método, es esencial documentar las incertidumbres en los datos georreferenciados para que la idoneidad de los datos para el uso y, por lo tanto, su calidad de datos total pueda ser entendida. Hay fuentes de incertidumbre en cada interpretación de localidad, así como en las fuentes de datos utilizadas para la georreferencia y cualquier medición física que pueda necesitar llevarse a cabo (como en mapas, digitales o físicos). Hay que tener en cuenta cada una de las fuentes de incertidumbre para capturar la incertidumbre general en una georreferencia resultante.

Siempre que haya subjetividad involucrada, es preferible sobreestimar cada contribución a la incertidumbre. Las siguientes siete fuentes de incertidumbre son las más comúnmente encontradas. Estas se explican a continuación y pueden tenerse en cuenta mediante el uso de Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020).

- Incertidumbre debida a la extensión de la entidad geográfica en la descripción de la localidad.
- Incertidumbre en la fuente de la coordenada.
- Incertidumbre en las mediciones del mapa.
- Incertidumbre relacionada con la precisión de las coordenadas.
- Incertidumbre por un sistema de referencia de coordenadas o datum desconocido.
- Incertidumbre relacionada con la [orientación cardinal].
- Incertidumbre relacionada con la precisión del desplazamiento.

3.4.1. Incertidumbre debido a la Extensión de la Entidad Geográfica

El primer paso para determinar las coordenadas para una descripción de una localidad es identificar la entidad geográfica más específica dentro de la descripción de la localidad. Las coordenadas pueden extraerse de gaceteros, bases de datos de nombres geográficos, mapas o de otras descripciones de localidad que tengan coordenadas o figuras geométricas. Utilizamos el término 'entidad geográfica' para referirnos no sólo a lugares tradicionalmente nombrados, sino también a lugares que pueden no tener nombres adecuados, tales como uniones de carreteras, confluencias de arroyos, indicaciones

de millaje en las carreteras y las celdas en sistemas de grillas (p. ej. Celdas de Cuadrícula de Cuarto de Grado, ver [Cuadrados de Cuarto de Grado]). La fuente y precisión de las coordenadas deben ser registradas para que la validez de la localidad georreferenciada pueda ser comprobada. El sistema de coordenadas original y el datum geodésico también deben ser registrados. Esta información ayuda a determinar las fuentes y la distancia máxima de incertidumbre, especialmente con respecto a la precisión de las coordenadas original.

¿Cómo tener en cuenta la incertidumbre debida a la forma de la entidad geográfica? El método que resulta en la menor incertidumbre es encontrar el círculo mínimo (Matoušek et al. 1996) que contiene todos los puntos en el límite geográfico de la entidad. Si el centro del círculo no cae sobre o dentro del límite de la entidad, elija el punto más cercano al centro que se encuentra en el límite. Esto se conoce como el centro corregido. La distancia desde el centro corregido hasta el punto más lejano en el límite geográfico de la entidad se llama el radio geográfico. El radio geográfico corresponde a la incertidumbre debida a la extensión de la entidad geográfica (ver Figura 4).

Cada entidad geográfica ocupa un espacio finito o "extensión". Las dimensiones de las entidad son una fuente importante de incertidumbre. Los puntos de referencia de las entidades pueden cambiar con el tiempo, las oficinas de correos y los palacios de justicia son reubicados, las ciudades cambian de tamaño, los cursos de los ríos cambian, etc. Además, no hay garantía de que la persona que registró la información de la localidad haya prestado atención a cualquier convención específica al reportar una localidad como un desplazamiento desde una característica. Por ejemplo,

```
4 km E de Bariloche, Argentina
```

puede haber sido medido desde la oficina de correos, la plaza cívica, desde la estación de autobuses en el lado este de la zona más poblada de la ciudad o en cualquier otro lugar de Bariloche, que en realidad es bastante grande. Al calcular un desplazamiento, generalmente no tenemos forma de saber desde dónde comenzó a medir la distancia la persona que registro la localidad. La determinación de los límites de una entidad geográfica se discuten en [Estableciendo los Límites de una Entidad Geográfica].

También vale la pena señalar que la extensión de una entidad geográfica puede haber cambiado con el tiempo, por lo que la fecha del registro también puede ser importante a la hora de calcular una extensión y, por ende, el radio geográfico. En muchos casos (especialmente para lugares poblados), la extensión actual de una entidad será mayor que su extensión histórica y la incertidumbre puede sobreestimarse en cierto modo si se utilizan mapas actuales.

Si la localidad descrita es una forma geométrica irregular (p. ej. un camino sinuoso o un río), hay dos maneras de calcular las coordenadas del "centro" y determinar el radio. La primera es medir a lo largo del vector (línea) y determinar el punto medio como la ubicación de la entidad. Esto no siempre es fácil, así que el segundo método es determinar el centro geográfico (es decir, el punto medio de los extremos de latitud y longitud) de la entidad. Este método describe un punto en el que la incertidumbre debida a la extensión de la entidad se minimiza (lo que estamos llamando el centro corregido). El radio se determina entonces como la distancia desde la posición establecida hasta el punto más lejano en los extremos del vector. Si el centro geográfico de la forma geométrica se utiliza y no se encuentra dentro de la localidad descrita (p. ej. el centro geográfico del segmento del río no se encuentra realmente en el río), entonces el punto más cercano al centro geográfico que se encuentre dentro de la forma (centro corregido) es la referencia a escoger para la característica y representa el punto a partir del cual debe calcularse el radio geográfico (ver Figura 4).

Al documentar el proceso de georreferenciación, se recomienda registrar la entidad geográfica, su alcance y la fuente de la información (incluyendo su fecha). Para más detalles sobre la georreferenciación, consulte Solo Entidad Gepgráfica en Guía de Referencia Rápida de

Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

Las coordenadas geográficas pueden expresarse en una cantidad de formatos de coordenadas diferentes. Los grados decimales proporcionan las coordenadas más convenientes para la georeferenciación por la sencilla razón de que una localidad puede describirse con sólo cuatro atributos: latitud decimal, longitud decimal, datum, e incertidumbre (Wieczorek 2001).

3.4.2. Incertidumbre en la Fuente de la Coordenada

Hay muchas maneras de encontrar las coordenadas para una ubicación, incluyendo el uso de un [gacetero], un GPS, fotogrametría aérea o mapas digitales o mapas en papel de muchos tipos y escalas diferentes.

Incertidumbre en Mediciones de Mapas de Papel

Uno de los métodos más comunes para encontrar coordenadas para una ubicación es estimar la ubicación desde un mapa en papel. El uso de mapas en físico puede ser problemático y estar sujeto a diferentes grados de imprecisión. Desafortunadamente, la exactitud de muchos mapas, especialmente los antiguos, está indocumentada. Los estándares de precisión suelen explicar la tolerancia de error físico en un mapa impreso, así que la incertidumbre neta dependa de la escala del mapa (ver Tabla 1).

Leer mapas requiere de cierto nivel de habilidad para determinar las coordenadas con exactitud y diferentes tipos de mapas requieren diferentes habilidades. Los desafíos surgen debido al sistema de coordenadas del mapa (latitud y longitud, Universal Transversa de Mercator (UTM), etc.), la escala del mapa en papel, los anchos de línea utilizados para dibujar las entidades geográficas en los mapas, la frecuencia de las líneas de [grilla], etc.

La exactitud de un mapa depende de la exactitud de los datos originales utilizados para compilar el mapa, con qué precisión se transfirieron al mapa estos datos originales y la resolución en la que se imprime o muestra el mapa. Por ejemplo, los mapas USGS de 1:24,000 y 1:100,000 son productos diferentes. La exactitud depende explícitamente de la escala, pero se debe a los diferentes métodos de preparación. Al usar un mapa, el usuario debe tener en cuenta las limitaciones con las que se encuentra el cartógrafo como la agudeza visual, procesos litográficos, metodologías de trazado y simbolización de entidades geográficas (p. ej. ancho de las líneas) (Hardy & Field 2012).

Con los mapas topográficos en papel, las restricciones de dibujo pueden limitar la exactitud con la que líneas se ponen en el mapa. Una línea de 0.5 mm de ancho que representa una carretera en un mapa de 1:250.000 representa 125 metros sobre el suelo. Para representar un ferrocarril que corre al lado de la carretera, se necesita una separación de 1-2 mm (250-500 metros) y luego la línea para el ferrocarril (otros 0.5 mm o 125 m), lo que hace que la representación mínima sea de 500-750 m. Si se utilizan estas entidades geográficas para determinar la localidad de un registro, por ejemplo, entonces la incertidumbre mínima estaría en el orden de 1 km. Si se utilizaran líneas más gruesas, habría que hacer los ajustes apropiados (Chapman et al. 2005).

El Estándar Nacional para la Exactitud de Datos Espaciales (NSDA por sus siglas en inglés) (FGDC 1998) estableció una metodología estándar para calcular la precisión horizontal y vertical de los mapas impresos, que establece que el 95% de todos los puntos deben estar dentro de una tolerancia especificada (1/30" para escalas de mapa mayores que 1:20, 00, y 1/50" para escalas de mapa menores o iguales a 1:20,000).

La Tabla 1 muestra la exactitud inherente de una serie de mapas en diferentes escalas. La table da incertidumbres para una línea de 0.5 mm de ancho a varias escalas de mapa diferentes. Se puede utilizar un valor de 1 mm de error en mapas para los que los estándares no están publicados. Esto corresponde a aproximadamente tres veces el error gráfico detectable y debería funcionar bien como

una estimación de la incertidumbre para la mayoría de los mapas.

La table utiliza datos de varias fuentes. La serie de mapas TOPO250K es la cartografía de mayor resolución que cubre todo el continente australiano.Se basa en datos topográficos a escala 1:250.000, para los que Geoscience Australia 2007, Sección 2 define la precisión como "no más del 10% de las entidades geográficas bien definidas tienen un error de más de 140 metros_ (para mapas a escala 1:250.000); *más de 56 metros* (para mapas a escala 1:100.000)". La incertidumbre horizontal de los mapas USGS se calcula a partir de US Bureau of Budget (1947) (United States National Map Accuracy Standards (USGS 1999)), que establece que "*Aplicado al mapa cuadrangular topográfico de 7.5 minutos del USGS, el estándar de precisión horizontal requiere que las posiciones del 90 por ciento de todos los puntos comprobados sean precisas dentro de 1/50 de pulgada (0.05 centímetros) en el mapa. A escala 1:24.000, 1/50 de pulgada es 40 pies (12.2 metros).*" Estos valores deben tenerse en cuenta a la hora de determinar la incertidumbre de su georreferencia.

Tabla 1. Precisión horizontal basada en 0.5 mm de precisión por unidad de escala del mapa, excepto para las series de mapas de 1:250.000 donde se ha utilizado la cifra suministrada con los datos.

Escala del Mapa	**Precisión Horizontal del Mapa (**Geoscience Australia**)**	**Precisión Horizontal del Mapa (**USGS**)**	**Precisión Horizontal de NSSDA (**FGDC 1998**)**
1:1000	0.5 m	2.8 ft (0.85 m)	3.2 ft (1 m)
1:10,000	5 m	28 ft (8.5 m)	32 ft (10 m)
1:25,000	12.5 m	70 ft (21 m)	47.5 ft (14.5 m)
1:50,000	25 m	139 ft (42 m)	95 ft (29 m)
1:75,000			142.5 ft (43.5 m)
1:100,000	50 m	278 ft (85 m)	190 ft (58 m)
1:250,000	160-300 m	695 ft (210 m)	475 ft (145 m)
1:500,000			950 ft (290 m)
1:1 million	500 m	2,777 ft (845 m)	1,900 ft (580 m)

Si utiliza fenómenos que no tienen límites definidos en la naturaleza para determinar una localidad (como los suelos, la vegetación, la geología, los bordes forestales, etc.), es necesario errar ampliamente hacia el lado del conservadurismo al determinar un valor de incertidumbre, ya que dichos límites rara vez son precisos, a menudo se determinan a una escala de 1:1 millón o peor y podrían tener una incertidumbre mínima de entre 1 y 5 km. También hay que tener en cuenta que las costas varían mucho a diferentes escalas (véase Chapman et al. 2005) y que los ríos suelen enderezarse en los mapas de menor escala, por lo que pueden incluir incertidumbres muy superiores a las que suelen registrarse en los mapas cuya precisión se determina a partir de puntos "bien definidos" como edificios, intersecciones de carreteras, etc. Además, las costas y las rutas de los ríos pueden cambiar mucho con el tiempo (World Ocean Review 2010) y, por tanto, hay que tener en cuenta la fecha del mapa a la hora de determinar la incertidumbre.

Además de las inexactitudes inherentes a los mapas impresos, hay que tener en cuenta las inexactitudes que pueden surgir al utilizar mapas para medir distancias. Estas posibles imprecisiones son consecuencia directa de la proyección del mapa y de la capacidad para distinguir entre dos puntos adyacentes, que puede verse afectada por el dispositivo de medición e incluso por la vista. Una medición de distancia en línea recta sólo funciona en un mapa en una proyección de igual distancia, donde la distancia sigue la misma escala independientemente de la orientación. A menos que las condiciones de medición sean especialmente malas, es razonable utilizar 1 mm como valor de error de medición en los mapas físicos. Dependiendo de la escala del mapa, esto se traduce en una distancia sobre el terreno.

Incertidumbre en Mediciones de Mapas Digitales

Las versiones digitales de mapas de papel tradicionales que han sido escaneados o digitalizados a mano usando una tableta de digitalización para rastrear líneas, tienen una capa extra de incertidumbre (Dempsey 2017). Dependiendo de cómo se digitalizó el mapa, el error puede ser pequeño o grande cuando se compara con la escala del mapa original. En algunas partes del mundo donde los mapas digitalizados no están disponibles fácilmente, se pueden escanear y rectificar mediante datos de satélite Raes et al. 2009). Los mapas escaneados a menudo (y siempre deberían) incluyen información sobre la exactitud añadida por el proceso de digitalización (ver ASPRS 1990). Tenga cuidado cuando utilice mapas digitales y registre cualquier información sobre la exactitud del escaneo, si esa información está disponible. Siempre erre hacia el lado cauteloso al registrar la incertidumbre de su georreferencia cuando use mapas de este tipo (ASPRS 2014).

Un mapa digital nunca es más exacto que el original del que se derivó, tampoco lo es cuando se amplía el mapa. La exactitud es estrictamente una función de los errores de escala y digitalización del mapa original, más el error adicional añadido por el proceso de digitalización.

Hay que tener cuidado cuando se utiliza un mapa digital que registra la escala en forma de texto (p. ej. 1:100.000) en lugar de utilizar una barra de escala, ya que la resolución de la pantalla del ordenador y el nivel de zoom cambiarán la escala aparente del mapa que se está viendo (no cambia la escala a la que se preparó el mapa). Esto también aplica a los mapas impresos a partir de un mapa digital. Al preparar mapas digitales, incluya siempre la escala como una barra de escala y no se limite a registrar la escala en forma de texto (p. ej. 1:20.000).

El error de medición no es exclusivo de los mapas físicos, también existe en mediciones tomadas en recursos digitales. En general, la resolución de los medios afecta la capacidad para distinguir entre dos puntos y esto a su vez puede verse afectado por el grado de ampliación (zoom) de los recursos. Hay que tener en cuenta que el zoom no mejora la exactitud de la fuente original de la que procede el recurso digital. Esa exactitud sigue siendo un factor independiente, como se describe en los párrafos anteriores de esta sección. Naturalmente, cuanto mayor sea el zoom, más fácil será localizar una ubicación. Este efecto del zoom en los recursos digitales también tiene un efecto en la capacidad de medir a lo largo de una <ruta>> en ese recurso. Cuanto mayor sea el zoom, más fácil será seguir fielmente la ruta y, por tanto, determinar una distancia a lo largo de esa ruta con el menor error. Cuanto mayor sea la curvatura de la ruta, mayor será el potencial efecto sobre la precisión. Hay que tener en cuenta también que la escala del mapa puede reducir la curvatura de una ruta (carretera, río, etc.) y que los mapas a pequeña escala tienden a suavizar las trayectorias de los ríos, las carreteras, las líneas costeras y otros elementos lineales curvos (Chapman et al. 2005).

Usando OpenStreetMap, Google Maps y Google Earth

Gracias a la creciente disponibilidad de imágenes satelitales de alta calidad y de formas geométrica para entidades geográficas, los recursos de mapas digitales en línea se utilizan cada vez más para encontrar entidades y sus límites, así como para georreferenciar. Algunos sitios tienen herramientas especialmente adecuadas para dibujar y medir sobre los mapas. En Google Maps, por ejemplo, la herramienta de medición puede iniciarse haciendo clic en el punto de partida u origen y luego utilizando el botón derecho del ratón para seleccionar ***Medir distancia*** en un menú emergente. Luego, se puede hacer clic en el punto final y un segmento de línea con indicadores de distancia unirá las dos ubicaciones elegidas. Posteriormente, puede hacer clic repetidamente para trazar un "sendero", por ejemplo, a lo largo de una carretera o un río. También puede cerrar la forma para hacer un polígono haciendo clic de nuevo en el punto inicial. Una vez que tenga su línea o polígono, puede modificar las posiciones de los nodos (por ejemplo, después de hacer más zoom) y añadir nodos intermedios. También se puede utilizar para determinar la distancia desde un punto, como "5 km al N

de una [entidad geográfica]". Al cerrar el polígono, puede obtener un área así como la distancia total. Determine la incertidumbre como lo haría con cualquier otro mapa, pero tenga en cuenta los efectos del nivel en el que puede estar el zoom. La capacidad de señalar con precisión es mayor a niveles de zoom más altos. Se puede comprobar el efecto empíricamente tratando de poner repetidamente un marcador en el centro de una entidad que se pueda ver con niveles de zoom bajos y luego comprobar qué tan lejos están en promedio a mayores niveles de zoom.

El error de posición en Google Maps y Google Earth está poco documentado y varía tanto geográficamente como con la resolución de las imágenes. Recomendamos la combinación conservadora del error cuadrático medio de Google Earth y el de las imágenes Landsat de 89,7m estimado por Potere 2008 para las lecturas de Google Earth o Google Maps durante o antes del 2008. Después de estas fechas, se recomienda un valor de 8m (intervalo de confianza del 95%) estimado por Paredes-Hernández et al. 2013. Los datos limitados basados en la exactitud de los cruces de calles en OpenStreetMap (Helbich et al. 2012) sugieren que esta fuente tiene una precisión del mismo orden de magnitud que los productos de Google. Hay que tener en cuenta que las mediciones en Google Earth y Google Maps son líneas directas y no tienen en cuenta los cambios de elevación.

La cobertura de elevación Google Maps es inconsistente, se puede obtener leyendo las líneas de contorno en zonas montañosas en la vista de Terreno (Terrain), pero no muestra la elevación por defecto y no en las ciudades o zonas donde no hay gradientes naturales de elevación. En Google Earth se puede acceder a la información de elevación en cualquier lugar y es visible con la latitud y [longitude> en la parte inferior derecha de la pantalla de visualización. La elevación en Google Earth se basa en el modelo <<nivel medio del mar] del geoide EGM96. Tenga en cuenta que este puede variar hasta 200 metros con respecto al elipsoide de referencia WGS84 en algunas zonas (ver Figura 8). Como se indica en § 2.7.8, recomendamos utilizar los valores extraídos del trabajo de Wang et al. 2017 como estimaciones de la incertidumbre en elevación cuando la fuente es el modelo de terreno de Google Earth.

Incertidumbres en los Mapas Marinos

Las cartas portuarias se elaboran generalmente a escala 1:10,000 y las cartas costeras a una escala de 1:50,000 a 1:150,000, a menudo en la proyección Mercator. En Coastal Navigation 2020 se puede consultar una página sobre la navegación (encontrar una ubicación en los mapas náuticos). La mayoría de los nuevos mapas (posteriores a 2019) sólo se producen digitalmente (NOAA 2020, comunicación personal, 25 de enero) y los mapas en papel se producen a partir del producto digital.

Para la mayoría de las cartas marinas o náuticas, la exactitud y la fiabilidad de la información utilizada para compilar la carta se registra como Zonas de Confianza (ZOC por sus siglas en inglés) (Prince 2020). Las categorías de ZOC advierten a los navegantes sobre qué partes de la carta están basadas en información buena o deficiente y qué áreas deben ser navegadas con precaución. El sistema ZOC consta de cinco categorías para la calidad de datos evaluada, con una sexta categoría para los datos que no han sido evaluados (Tabla 2).

La exactitud posicional se refiere a la exactitud horizontal de una [profunidad] o de una entidad geográfica. La exactitud de profundidad se refiere a la exactitud vertical de las profundidades individuales registradas, de las cuales las que se muestran en la carta son un subconjunto diseñado para representar lo mejor posible el fondo marino como se conoce o se estima.

Tabla 2. Las categorías de Zonas de Confianza (ZOC) y su exactitud asociada. Derivadas con permiso de AHP20 (Australian Hydrographic Office 2020) y NOAA 2016.

ZOC	Exactitud **Posicional**	Exactitud **de la Profundidad**	**Cobertura del Fondo Marino**

A1	± 5m (16 ft)	=0. 0m (1,6 pies) + 1% de profundidad	Todas las características significativas del fondo marino detectadas.
A2	± 20m (66 ft)	=1,0m (3.2 ft) + 2% de profundidad	Todas las características significativas del fondo marino detectadas.
B	± 50m (160 ft)	=1,0m (3.2 ft) + 2% de profundidad	No se espera que haya entidades peligrosas para la navegación de superficie, pero pueden existir.
C	± 500m (1600 ft)	=2.0m (6.5 ft) + 5% de profundidad	Se pueden esperar anomalías de profundidad.
D	Peor que ZOC C	Peor que ZOC C	Se pueden esperar grandes anomalías de profundidad.
U	No evaluado. La calidad de los datos batimétricos aún no ha sido evaluada.		

Incertidumbre debido al GPS

Las incertidumbres inherentes a varios Sistemas Globales de Navegación por Satélite y dispositivos GPS/GNSS> se discuten en detalle en la sección § 2.6.2. La forma más habitual de obtener coordenadas en campo es a partir de un dispositivo habilitado para GNSS, lo que incluye la mayoría de los smartphones. La mayoría de las interfaces de usuario de los dispositivos GPS/GNSS portátiles y las aplicaciones de los smartphones muestran una "Exactitud del GPS". La cifra mostrada como "Exactitud" no es la verdadera exactitud, es el EPE (Error de Posición Estimado) (Herries 2012). En otras palabras, es la probabilidad de que la ubicación que el GPS está mostrando esté dentro de la distancia de "exactitud" de la verdadera ubicación. Tenga en cuenta que un receptor GPS no conoce realmente su verdadera ubicación. Calcula una ubicación, basado en los datos recibidos de los satélites. Sin embargo, si el instrumento tiene un sesgo, todavía puede reportar una baja "Exactitud" (es decir, las mediciones repetidas pueden estar cerca entre sí), pero pueden estar a cierta distancia de la verdadera ubicación (ver Figura 1). Aunque la mayoría de los fabricantes de GPS no indican cómo calculan la "exactitud", puede considerarla como una cifra que indica que "la mayoría de las veces, las coordenadas de ubicación mostradas están dentro de X distancia del receptor GPS" (donde X es la cifra de "exactitud").

El valor "Exactitud" se ve afectado por la configuración actual de los satélites (el número de satélites que son visibles y sus posiciones en el cielo (efemérides de satélite)) y una gran cantidad de variables ambientales entre el dispositivo y los satélites, que afectan a las trayectorias de señales y las relaciones señal-ruido. Sin acceso a un Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS) (ver § 2.6.4), este valor solo puede utilizarse como indicador de exactitud relativa, pero estadísticamente siempre es menor que el valor real. Esto es fácil de demostrar con suficientes mediciones repetidas de las coordenadas y la supuesta precisión en la misma ubicación conocida a lo largo del tiempo. El valor medio de la exactitud será menor que el cambio de distancia promedio entre la coordenada media dada por todas las lecturas (un proxy estadístico para las coordenadas verdaderas) y las lecturas individuales de coordenadas. Herries 2012 recomienda duplicar la exactitud (EPE) reportada por el receptor GPS (incluyendo los teléfonos inteligentes) para obtener una representación más realista de la exactitud verdadera.

En resumen, el EPE ('exactitud' dada en un GPS) no es una máxima incertidumbre, pero una probabilidad igual (50 por ciento) de que su posición se encuentre con un radio de ese valor. Para obtener un nivel de confianza del 95 por ciento de que su medición está dentro de un círculo de un radio fijo, tiene que multiplicar el valor EPE por dos como mínimo absoluto. Para más detalles sobre georreferenciación de Coordenadas GPS vea § 2.6.2, y Coordenadas: Coordenadas Geográficas en la Guía de referencia Rápida de georreferenciación (Zermoglio et al. 2020).

Incertidumbre debido al uso de localidades previamente georreferenciadas

El uso de localidades previamente georreferenciada, ya sea de una base de datos propia o desde una fuente externa puede introducir incertidumbres. Si la fuente son localidades previamente georreferenciadas de su propia base de datos, es importante que conserve todos los metadatos asociados a esa localidad previamente georreferenciada junto a todos los registros posteriores. Del mismo modo, si se utiliza una fuente externa, intente registrar una referencia DOI o similar, si es posible, de modo que se pueda rastrear cualquier cambio posterior.

Al usar localidades previamente georreferenciadas como fuente, si se cometió un error en la georreferencia original, éste será perpetrado a través de todas las georreferencias posteriores.

3.4.3. Incertidumbre Relacionada con la Precisión de las Coordenadas

Las coordenadas geográficas deben registrarse siempre con el mayor número de cifras posible. La precisión de las coordenadas debe capturarse por separado de las propias coordenadas, preferiblemente como una distancia, que conserva su significado independientemente de la ubicación y de las transformaciones de coordenadas. El registro de coordenadas con una precisión insuficiente puede dar lugar a incertidumbres innecesarias. La magnitud de la incertidumbre es una función no sólo de la precisión con la que se registran los datos, sino también del datum y de las propias coordenadas. Esto es un resultado directo del hecho de que un grado no corresponde a la misma distancia en cualquier lugar de la superficie de la tierra.

Tabla 3 muestra ejemplos de las contribuciones a la incertidumbre para diferentes niveles de precisión en las coordenadas usando el[ellipsoid] de referencia WGS84. Los cálculos se basan en el mismo grado de imprecisión en ambas coordenadas y se dan para diferentes latitudes. Se pueden hacer calculos aproximados con base en esta tabla, sin embargo, se pueden obtener cálculos más exactos usando la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020), vea más información a continuación.

De Tabla 3, se puede inferir que una observación registrada en grados, minutos, y segundos (GMS) tiene una incertidumbre mínima de entre 32 y 44 metros.

Tabla 3. Tabla que muestra la incertidumbre métrica debida a la precisión de las coordenadas basadas en el datum WGS84 en distintas latitudes. Los valores de incertidumbre se han redondeado en todos los casos. De Wieczorek 2001.

Precisión	0 grados Latitud	30 grados Latitud	60 grados Latitud	85 grados Latitud
1. grado	156,904 m	146,962 m	124,605 m	112,109 m
0. grado	15,691 m	14,697 m	12,461 m	11,211 m
0,01 grado	1,570 m	1,470 m	1,246 m	1,121 m
0. 01 grado	157 m	147 m	125 m	112 m
0.0001 grado	16 m	15 m	13 m	12 m
0. 0001 grado	2 m	2 m	2 m	2 m

1,0 minuto	2,615 m	2,450 m	2,077 m	1,869 m
0. minuto	262 m	245 m	208 m	187 m
0.01 minuto	27 m	25 m	21 m	19 m
0. 01 minuto	3 m	3 m	3 m	2 m
1,0 segundo	44 m	41 m	35 m	32 m
0. segundo	5 m	5 m	4 m	4 m
0.01 segundo	1 m	1 m	1 m	1 m

La falsa precisión puede surgir cuando las transformaciones de grados minutos segundos a grados decimales se almacenan en una base de datos (véase el Glosario para una discusión ampliada).

Nunca use la precisión en una base de datos como un sustituto de la <incertidumbre de las coordenadas>>, en cambio, registre la incertidumbre explícitamente, preferiblemente como una distancia.

Detalles de los cálculos usados para determinar las incertidumbres en las precisiones de las coordenadas se pueden encontrar en Wieczorek 2001 y Wieczorek et al. 2004.

Ejemplo 4. Precisión de las coordenadas

Lat: 10.27° **Largo:** –123.6° **Datum:** WGS84

En este ejemplo, la precisión lat/long es de 0.01 grados. Por lo tanto, error de latitud = 1.1061 km, error de longitud = 1.0955 km y la incertidumbre resultante de la combinación de ambas es de 1.5568 km.

Lat: 10.00000° **Largo:** –123.50000° **Datum:** WGS84

En este ejemplo, la precisión lat/long es de 0.5 grados porque ninguna de las coordenadas demuestra más especificidad que esa. Por lo tanto, error de latitud = 55.6 km, error de longitud = 54.75 km y la incertidumbre resultante de la combinación de ambas es de 77.87 km.

3.4.4. Incertidumbre debido a un Datum Desconocido

Es importante registrar el datum utilizado para la fuente de las coordenadas (GPS, hoja del mapa, [gacetero]), si se conoce, o registrar el hecho de que no se conoce. Las coordenadas sin un sistema de referencia de coordenadas son ambiguas. Las coordenadas geográficas con un datum constituyen un sistema de referencia de coordenadas (ver [Sistema de Coordenadas de Referencia]), pero rara vez las colecciones de historia natural tienen información completa sobre el sistema de referencia de coordenadas. Incluso cuando se usa un GPS para registrar las coordenadas en el campo, el datum geodésico se suele ignorar.

La ambigüedad resultante de un datum faltante varía geográficamente y se suma en gran medida al error inherente a la georreferenciación. Las diferencias entre datums pueden causar un error en la ubicación real, desde unos pocos centímetros hasta kilómetros (Wieczorek 2019). Hay que tener en cuenta que la diferencia entre datums no es una función sencilla que se pueda calcular sobre la marcha. Los valores tienen que ser precalculados comparando todos los datums con un datum de

referencia de elección (p. ej., WGS84) en cada punto de interés sobre la superficie terrestre y almacenados de forma que puedan ser consultados por coordenadas geográficas. La Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020) es capaz de realizar dicha búsqueda (ver § 3.4.9). A falta de buscar el valor real por coordenadas, se puede utilizar el peor escenario de 5359 m (Wieczorek 2019).

3.4.5. Incertidumbre Relacionada con la Orientación Cardinal

El cálculo de incertidumbre a partir de la [precision] en el que se registra una dirección depende de la distancia desde entidad geográfica inicial de referencia. La incertidumbre aumentará con una distancia cada vez mayor con respecto a la fuente. Para determinaciones simples de precisión angular debido a la dirección ver Tabla 4.

La incertidumbre debida a la imprecisión direccional aumenta con la distancia, por lo que solo se puede calcular a partir de la combinación de distancia y dirección (ver abajo).

Tabla 4. Calculando incertidumbre usando la precisión de la dirección registrada (derivado de Wieczorek et al. 2004).

Precisión	Interpretación	Ejemplo	Incertidumbre de Orientación
N	Entre NO y NE	10.6 km N de Lambert Centre	45°
NE	Entre NNE y ENE	10. mi NE de Lambert Centre	22. °
NNE	Entre N de NNE y E de NNE	10 km NNE de Lambert Centre	11.25°

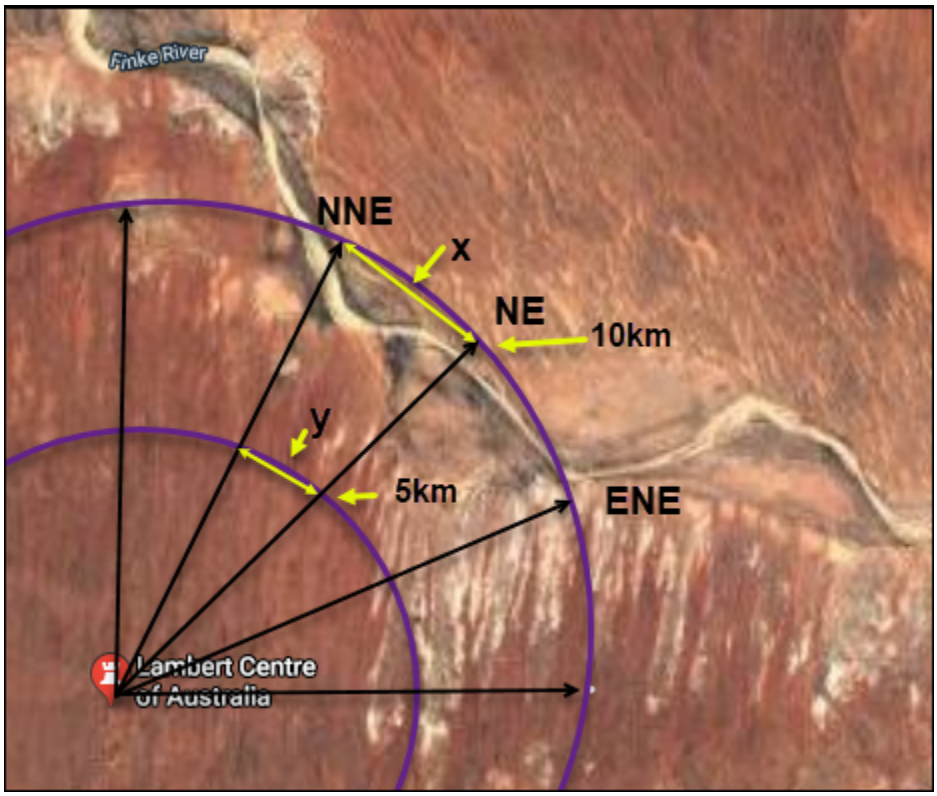

*Figura 11. Diagrama que muestra la precisión direccional para la interpretación de NE entre ENE y NNE. La incertidumbre (**x** y **y**) aumenta con la distancia desde la entidad geográfica*

Usando el ejemplo

```
A 10 km NE de Lambert Centre
```

y si ignoramos la imprecisión de la distancia, la incertidumbre debido a la falta de precisión en la dirección (Figura 11) es abarcada por un arco centrado a 10 km (**d**) del centro de Lambert Centre (en **x,y**) en una dirección cardinal de 45 grados (θ), extendiéndose 22.5 grados en cualquier dirección desde ese punto. En esta escala la distancia (**e**) desde el centro del arco hasta la extensión más lejana del arco (en **x',y'**) en una dirección cardinal de 22.5 Grados (θ′) del centro de Lambert Centre puede aproximarse por el teorema de Pitágoras,

```
e = sqrt( (x′-x)^2 + (y′-y)^2)
```

donde x=dcos(θ), y=dsin(θ), x′=dcos(θ′) y y′=dsin(θ′). La incertidumbre en el ejemplo anterior sería de 3.90 km.

Esto muestra sólo un ejemplo simple. Para detalles y fórmulas para calcular incertidumbres más complicadas, vea Wieczorek 2001 y Wieczorek et al. 2004. Debido a la compleja naturaleza de estos cálculos, es mejor utilizar la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020), vea § 3.4.9.

3.4.6. Incertidumbre Relacionada con la Precisión del Desplazamiento

Puede ser difícil medir la precisión a partir de una descripción de localidad,ya que rara vez, si es que alguna vez, se documenta explícitamente. Además, un registro de una base de datos puede no reflejar, o puede reflejar incorrectamente, la precisión inherente a las medidas originales, especialmente si la descripción de la localidad en la base de datos ha sido objeto de normalización, reformateo o interpretación secundaria de la descripción original de la localidad.

Hay varias formas de calcular la incertidumbre a partir de las distancias. En este documento, recomendamos un enfoque conservador que asume que muchos registros han sido objeto de una cierta cantidad de interpretaciones o transformaciones al ser ingresados a en la base de datos. Así, un registro de "10¼ mi" puede ser ingresado a la base de datos como 10,25 mi. La precisión implícita en el valor 10.25 es, por tanto, una falsa precisióny no debe asumirse que la precisión real está entre 10.24 y 10.26 o entre 10.2 y 10.3. El método de Wieczorek et al. 2004, adaptado aquí, basa la estimación de la incertidumbre en la parte fraccionaria de la distancia, calculada dividiendo 1 por el denominador fraccionario. La incertidumbre sería simplemente la mitad de la precisión. Por ejemplo, 10.5 mi N de Bakersfield de podría esperarse razonablemente que significara 10½ mi con una precisión de media milla entre 10.25 y 10.75 mi, o 10.5 con una incertidumbre de 0.25 mi.

Para las mediciones de distancia que son potencias enteras positivas de 10, la precisión debe ser de diez a la potencia inmediatamente inferior. Este cálculo difiere de Wieczorek et al. 2004, que recomendó que la precisión se basara en diez a la misma potencia. Al reconsiderarlo, parece excesivo (ver Tabla 5). Este mismo razonamiento puede utilizarse para la precisión en elevaciones y profundidades originales. Los valores recomendados para la incertidumbre relacionada con las precisiones de desplazamiento se muestran en Tabla 5.

Tabla 5. Calculando incertidumbre relacionada con la precisión de una medición de distancia. La tabla muestra ejemplos de mediciones de distancia, la incertidumbre recomendada debido a la precisión en el ejemplo adaptado de Wieczorek et al. 2004 y una comparación con las reglas aplicadas para la incertidumbre por Frazier et al. 2004).

Distancia	Incertidumbre Recomendada	Incertidumbre seg. Frazier et al.

10.1 km	0.05 km	0.1 km
10.25 mi	0.125 mi	0. 1 mi
10.5 km	0.25 km	0.1 km
10.6 mi	0.05 mi	0. mi
10.75 km	0.125 km	0.01 km
10 mi	0. mi	1,5 mi
15 km	0.5 km	1 km
30 mi	0.5 mi	4.5 mi
33 km	0. km	1 km
100 mi	5 mi	15 mi
15 mi	140 km	5 km
21 km	21 km	200 mi
5 mi	30 mi	1000 m
50 m	150 m	2000 m

La precisión también puede ser enmascarada o perderse cuando se convierten las medidas, por ejemplo, de pies a metros o de millas a kilómetros.

Tenga cuidado de que el valor que está utilizando para la precisión al calcular la incertidumbre sea una verdadera precisión y no una falsa precisión. Por ejemplo, convertir el registro de un colector de 16 millas (con una precisión de 1 milla) a 25.6 km (con una precisión de 0.1 km) lleva a un nivel de precisión injustificado que es más de 16 veces superior al original.

La Figura 12 muestra un ejemplo de dos distancias ortogonales medidas desde una entidad geográfica, cada una con la incertidumbre debido a la precisión de la distancia. Si ignoramos todas las fuentes de incertidumbre excepto aquellas que surgen dada la precisión de la distancia, la incertidumbre es una caja delimitadora centrada en el punto 8 km E y 6 km N del centro corregido de la entidad. Cada una de las mediciones de distancia demuestra una precisión de 1 km. Así, cada lado de la caja es un total de 1 km de longitud (0.5 km de incertidumbre en cada dirección cardinal del centro). Dado que estamos caracterizando la precisión como una medida de distancia única (1 km), necesitamos el círculo que circunscribe la caja delimitadora mencionada anteriormente para obtener la incertidumbre debida a la combinación de las precisiones de las distancias. El radio de este círculo es la mitad de la longitud de la caja delimitadora de precisión de la distancia, que es igual a la mitad de la raíz cuadrada de dos veces la precisión de la distancia. Por lo tanto, para el ejemplo anterior, la incertidumbre asociada únicamente con la precisión de la distancia es la mitad de la raíz cuadrada de dos, o 0.707 km.

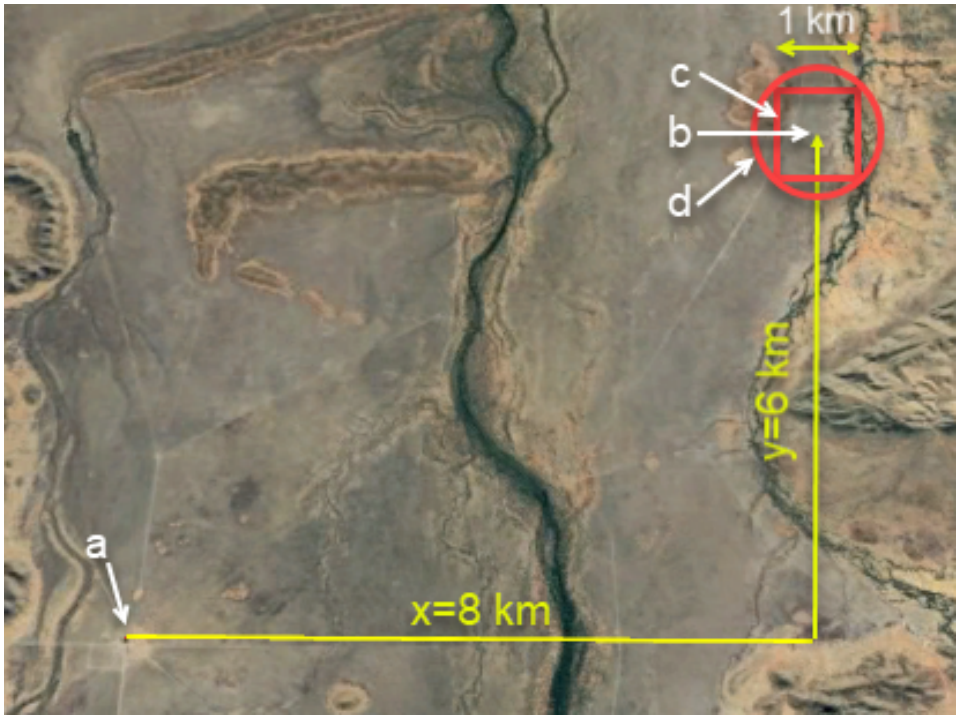

Figura 12. Ejemplo de una localidad **b** *como desplazamientos* **x** *y* **y** *en direcciones ortogonales (desde el centro corregido* **a** *de una entidad geográfica (es decir, punto de hidratación de ganado). Las coordenadas* **b** *(8 km E y 6 km N de* **a** *están rodeadas por una caja delimitadora de 1 km cuadrado* **c** *que muestra la incertidumbre debido a la precisión de la distancia de 1 km. La incertidumbre neta de la precisión de la distancia es representada por un círculo* **d** *que circunscribe la caja delimitadora y que tiene un radial de 0.707 km. Por convención, las orientaciones cardinales para localidades con desplazamientos en direcciones ortogonales están exactamente en las direcciones especificadas y no aportan incertidumbre debido a la precisión de la dirección.*

3.4.7. Incertidumbres Combinadas

Combinar las incertidumbrres de diferentes fuentes, no es tan sencillo como tomar el promedio o sumarlas. Las incertidumbres inherentes en la ubicación de la entidad geográfica, en su extensión, en la dirección del desplazamiento y la distancia de la compensación, son solo cuatro fuentes que deben combinarse para obtener una incertidumbre general. Se puede encontrar una discusión detallada sobre los cálculos involucrados en Wieczorek 2001 y Wieczorek et al. 2004. Para una forma práctica de calcular las incertidumbres en las descripciones de localidad, recomendamos la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020). Para entender cómo cada fuente de incertidumbre contribuye a la incertidumbre general neta vea Entendiendo las Contribuciones a la Incertidumbre en el Manual de la Calculadora de Georreferenciación(Bloom et al. 2020).

3.4.8. Utilizando la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación

La Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) es una guía práctica para la georreferenciación. Da instrucciones paso a paso sobre cómo georreferenciar una amplia variedad de tipos de localidades (ver § 3.2) siguiendo las buenas prácticas de este documento y con referencia específica sobre qué datos ingresar en la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020).

3.4.9. Usando la Calculadora de Georreferenciación

La Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020)(Figura 13) es una herramienta para ayudar en la georreferenciación de localidades descriptivas como las que se encuentran en las colecciones de historia natural de los museos. Originalmente fue diseñado para el Proyecto Mammal Network Information System (MaNIS) y desde entonces ha sido adoptada por muchas otras iniciativas

de georreferenciación. La versión actual y su Manual de la Calculadora de Georreferenciación (Bloom et al. 2020) han sido ampliamente actualizados para incluir nuevas funciones y adecuarlos a este documento.

La aplicación hace que los cálculos se adapten a los métodos descritos originalmente en Pautas para la Georreferenciación (Wieczorek 2001) y luego formalizados en una publicación revisada por pares (Wieczorek 2004). Recomendamos su uso general por todas las instituciones de historia natural, para calcular la incertidumbre en los datos de ubicación sin la necesidad de una comprensión detallada de los complicados algoritmos subyacentes. Cuantas más instituciones utilicen este método, más consistente será la calidad de datos en las instituciones y entre ellas, facilitando a los usuarios la evaluación de la calidad de los datos. Recomendamos leer tanto las publicaciones mencionadas anteriormente como el Manual de la Calculadora de Georreferenciación (Bloom et al. 2020) para una comprensión de los cálculos involucrados y de cómo funciona la Calculadora.

La Calculadora puede funcionar en línea o localmente en un navegador (última versión disponible en GitHub). El código fuente está libre y abiertamente disponible en GitHub.

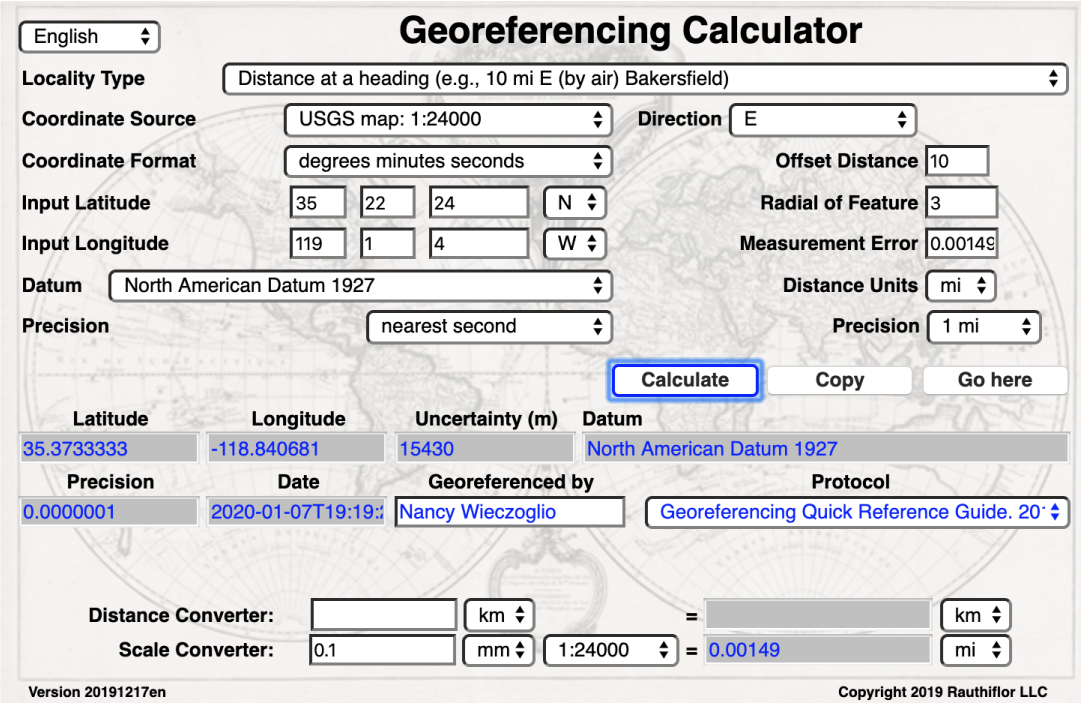

Figura 13. Un pantallazo de la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020) que muestra el cálculo de máxima incertidumbre para la localidad: '10 mi E (por aire) de Bakersfield'.

3.5. Localidades Difíciles

Algunas localidades son difíciles de [georreferenciar]. Para algunas la recomendación es ni siquiera intentarlo. Por lo general, se trata de localidades sin suficiente información, con información contradictoria o ambigua o en las que la información está explícitamente en duda. Algunas localidades hacen referencia a una entidad geográfica que no se puede encontrar fácilmente con los recursos disponibles. Para estas puede ser solo una cuestión de hacer un esfuerzo suficiente, pero si el proyecto tiene un presupuesto que no puede apoyar investigaciones largas sobre localidades difíciles, puede que toque dejarlas para otro momento. Las localidades difíciles no son poco comunes. No se desespere. Algunas interesantes han sido documentadas por el proyecto MaNIS.

Algunas localidades marinas también pueden ofrecer dificultades, por ejemplo "Fuera de Mar del Plata". El problema es que no se sabe a qué distancia de Mar de Plata tuvo lugar el evento. En las localidades terrestres, generalmente se puede tomar la decisión de que está entre la entidad mencionada y la siguiente, pero en el ambiente marino, puede no ser tan fácil. ¿Significa "a la vista

de", 5km, 12km, el límite de la ZEE, el escudo continental…? No se conoce de forma fiable el punto final por lo que hace difícil (si no imposible) georreferenciar con exactitud. Un buen recurso para encontrar localidades marinas, límites, etc. es el sitio web marineregions.org (VLIZ 2019).

3.6. Determinando el Ajuste Espacial

El ajuste espacial, primero formalizado como el grado de compacidad de Reock (Young 1988, Reock 1961), es un concepto de georreferenciación diseñado para medir qué tan bien coincide una representación geométrica determinada con la representación espacial original. Esto es útil cuando las transformaciones espaciales cambian la forma en que se representa una localidad, ya sea para enmascarar su detalle o para que coincida con un esquema acordado para el intercambio de datos (como la adaptación las localidades a una [grilla] de celda).

Un ajuste espacial con un valor de "1" es una coincidencia exacta o un solapamiento del 100 por ciento. Si la geometría dada no abarca completamente la representación espacial original, entonces el ajuste espacial es cero (es decir, una parte del original queda por fuera de la versión transformada, lo que interpretamos como que no es un ajuste). Si la forma geométrica transformada si abarca completamente la representación espacial original, entonces el valor del ajuste espacial es la relación del área del área de la geometría transformada y el área de la representación espacial original. Caso especial: si la representación espacial original es un punto y la geometría presentada no es un punto, entonces el ajuste espacial no está definido. El rango de valores de ajuste espacial es 0, 1, mayor que 1, o indefinido (ver Figura 14 y Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9).

Un ejemplo de la aplicabilidad del ajuste espacial es cuando un punto que representa una colecta terrestre se encuentra cerca de la costa y el radio de incertidumbre calculado abarca algún área {marina}marina. En este caso, el ajuste espacial sería mayor que 1, ya que representa un área mayor que la incertidumbre real ([img-ajuste-espacial-punto-radio]). El ajuste espacial es también una medida valiosa para describir el grado de [generalización] de una especie sensible, para ejemplos vea [Generalizando Georreferencias para Taxa y Localidades Sensibles] y Chapman 2020.

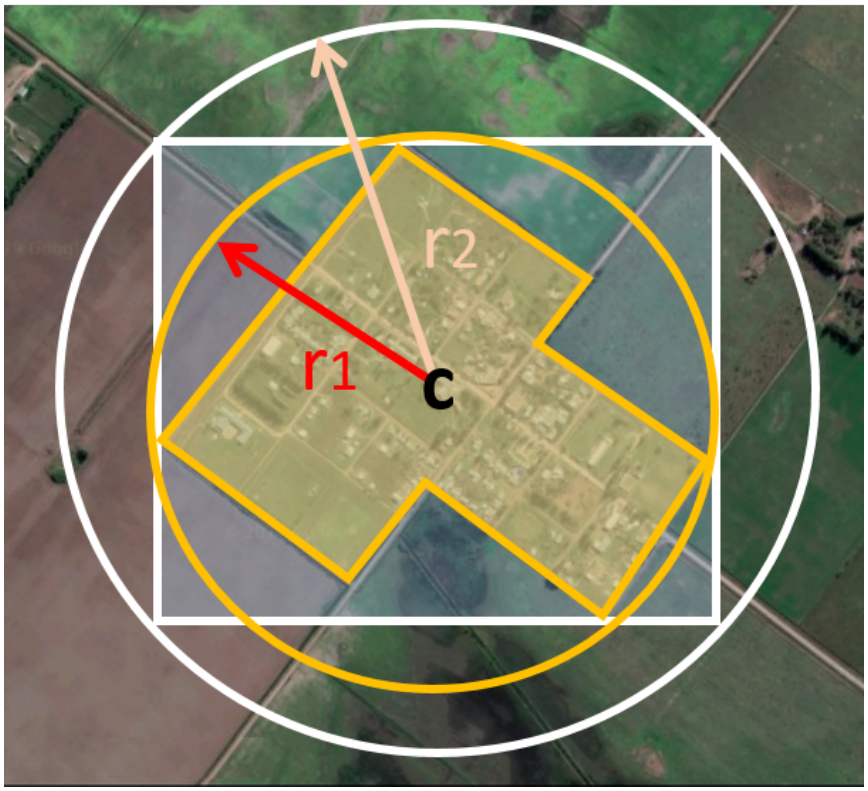

Figura 14. Diagrama que ilustra el ajuste espacial de una ubicación que puede ser descrita por un polígono, una caja delimiradora, un círculo o un punto. **c** *es el centro corregido,* **r1** *es el radio del círculo que engloba al polígono,* **r2** *es el radio del círculo que engloba la caja delimitadora. (Modificado de Chapman & Wieczorek 2006).*

Figura 14 ilustra algunos ejemplos de la definición de ajuste espacial y estos se elaboran en las siguientes Tablas:

Tabla 6. Cálculos del ajuste espacial donde la representación espacial original de una localidad es dada como el polígono en Figura 14, con área **A**.

El ajuste espacial del circulo blanco (r_2)	`(pi r_2^2)/A`
El ajuste espacial de la caja delimitadora	`(2 r_2^2)/A`
El ajuste espacial del circulo amarillo (r_1)	`(pi r_1^2)/A`
El ajuste espacial del polígono	**1**
El ajuste espacial del punto C	**0**

Tabla 7. Cálculos del ajuste espacial donde la representación espacial original de una localidad es dada como la caja delimitadora en Figura 14, con área `2r_2^2`.

El ajuste espacial del circulo blanco (r_2)	`(pi r_2^2)/(2r_2^2)`
El ajuste espacial de la caja delimitadora	**1**
El ajuste espacial del circulo amarillo (r_1)	**0**
El ajuste espacial del polígono	**0**
El ajuste espacial del punto C	**0**

Tabla 8. Cálculos del ajuste espacial donde la representación espacial original de una localidad es dada como el círculo (`r_1`*) en Figura 14, con área* `pi r_1^2`.

El ajuste espacial del circulo blanco (r_2)	`r_2^2/r_1^2`

El ajuste espacial de la caja delimitadora	**0**
El ajuste espacial del circulo amarillo (r_1)	**1**
El ajuste espacial del polígono	**0**
El ajuste espacial del punto C	**0**

Tabla 9. Cálculos del ajuste espacial donde la representación espacial original de una localidad es dada como el punto C (Figura 14).

El ajuste espacial del circulo blanco (r_2)	**Indefinido**
El ajuste espacial de la caja delimitadora	**Indefinido**
El ajuste espacial del circulo amarillo (r_1)	**Indefinido**
El ajuste espacial del polígono	**Indefinido**
El ajuste espacial del punto C	**1**

La Figura 15 muestra un ejemplo de la aplicación del concepto de ajuste espacial de unmétodoradio-punto de descripción de la incertidumbre cuando se limita a una representación del método de forma geométrica. Por ejemplo, la ubicación de una planta a lo largo de la costa nororiental de Madagascar (marcada con la **X** amarilla en Figura 15), tiene un radio de incertidumbre de aproximadamente 1.35 A 5 km, pero se sabe que el registro es de una especie de planta terrestre, por lo que se puede calcular el área verdadera de incertidumbre al excluir el bioma marino usando el método de forma geométrica. Por lo tanto el ajuste espacial es la proporción del área del círculo rojo (5. 26 km cuadrados) dividido por el área de la zona sombreada de azul (~4.1 km cuadrados), resultando en un ajuste espacial del radio de incertidumbre de **1.39**.

Figura 15. Ejemplo de uso del ajuste espacial en los resultados de un método de radio-punto y un método de forma geométrica refinada para describir la incertidumbre. Suponiendo que el área sombreada en azul es la localidad "verdadera" ya que sabemos que la especie es terrestre y que el círculo rojo es el método de radio-punto para representar la incertidumbre, la relación del área del círculo rojo (5.726 km cuadrados) dividida por el área del área sombreada en azul (~4.1 km cuadrados) resulta en un ajuste espacial para el radio-punto de 1.39.

4. Georreferenciación Colaborativa

Las características que hacen que un proyecto de georreferenciación sea colaborativo son la agregación de registros de múltiples grupos participantes (p. ej. conjuntos de datos, colecciones,

instituciones), la extracción de diferentes <<localidad,localidades> como objetivo real de georreferenciación, la estandarización de la geografía de los registros agregados para ayudar al agrupamiento y asignación de registros por geografía.

La georreferenciación colaborativa, si se hace correctamente, puede tener ventajas definitivas sobre la georreferenciación por en solitario. MaNIS (Wieczorek 2001) y el Australia's Virtual Herbarium (ANBG 2018) encontraron que la georreferenciación colaborativa dio lugar a un gran aumento de la eficiencia, pero que es importante incluir verificaciones de validación a posteriori mediante la revisión de los registros usando el colector y la fecha, o examinando los registros taxonómicamente para comprobar si existen valores atípicos y otros indicadores de la calidad de datos. Las ventajas y desventajas de la georreferenciación colaborativa, adaptadas de Wieczorek & Beaman 2002 y Stein & Wieczorek 2004 incluyen:

Ventajas

- Reduce el costo total de los suministros (p. ej. mapas), sin duplicación.
- Amplía el conjunto de recursos, conocimientos geográficos y materiales de referencia.
- Aprovecha la experiencia, los conocimientos, las competencias lingüísticas y los recursos regionales.
- Aumenta las tasas de georreferenciación, economía de escala.
- Promueve la normalización de los métodos.
- Aumenta las competencias de la comunidad.
- Aumenta la exposición y el conocimiento dentro y fuera de una comunidad, refuerza las relaciones comunitarias.

Desventajas

- Vulnerable a la procrastinación, los retrasos, los niveles desiguales de formación, experiencia y compromiso.
- Puede distanciar el proceso de georreferenciación de los recursos primarios útiles (p. ej. las etiquetas de los especímenes y las notas de campo).
- Introduce sensibilidad temporal en el proceso de georreferenciación (la información de localidad de los registros subyacentes podría estar sujeta a cambios durante el proceso de georreferenciación que darían un resultado diferente).
- La repatriación de los datos a la colección de origen puede ser un proceso difícil y largo.
- Requiere una gestión a nivel de proyecto.
- Requiere un proceso de validación formalizado.

Uno de los mayores impedimentos para una georreferenciación colaborativa eficaz es la ausencia de herramientas para repatriación fácilmente la información georreferenciada de vuelta a las fuentes de datos (Barkwell and Murrell 2012, Grant et al. 2018). Varios proyectos están trabajando en esto, especialmente § 4.3 en conjunto con la plataforma Symbiota (Gries et al. 2014). Se espera que este documento proporcione consistencia en la metodología y la documentación y que conduzca a una mayor georreferenciación colaborativa.

Algunas organizaciones, como DigiVol (Australian Museum n.d.) y Notes from Nature (Zooniverse n.d.) utilizan la colaboración abierta ("crowdsourcing") para [georreferenciar], mientras que proyectos como CoGeo (parte de GEOLocate, GEOLocate 2018), están más limitados en sus participantes.

4.1. DigiVol

El Atlas of Living Australia, en colaboración con el Australian Museum, desarrolló DigiVol (Australian Museum n.d.) para aprovechar el poder de los voluntarios en línea (también conocido como crowdsourcing) para digitalizar los datos de biodiversidad que están encerrados en colecciones de biodiversidad, libretas de campo y hojas de estudio. Aunque se desarrolló originalmente en Australia, DigiVol cuenta con numerosos proyectos y expediciones de todo el mundo. No todos los proyectos de DigiVol (llamados expediciones) incluyen un componente de georreferenciación, pero algunos de ellos lo hacen y no hay razón para que no haya más en el futuro.

El Museo Australiano ha elaborado una guía para una herramienta de mapeo que se puede utilizar con DigiVol (Edey n.d.). Sin embargo, la herramienta de mapeo tiene una serie de características que no recomendamos. Se dan posiciones por defecto para el "centro" de una serie de estados australianos sin un valor de incertidumbre asociado apropiado. La incertidumbre de la georreferencia se añade mediante un menú desplegable que ofrece tres opciones: 1km, 5km y 10km. Nuestra recomendación sería hacer que la incertidumbre fuera continua, posiblemente por selección en el mapa o calculada usando el cuerpo de información de este documento, los protocolos de la Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) y los algoritmos de la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020).

4.2. Notes from Nature

El proyecto Notes from Nature (Zooniverse n.d.) ofrece a las personas la oportunidad de realizar contribuciones científicamente importantes para alcanzar el objetivo de conservar y hacer accesibles los conocimientos sobre el patrimonio natural y cultural. "Cada transcripción que se completa nos acerca a llenar las brechas de nuestro conocimiento sobre la biodiversidad global y el patrimonio natural". Es muy similar a DigiVol. Actualmente, no hay proyectos de georreferenciación en Notes from Nature, pero hay planes para desarrollarlos en el futuro.

4.3. GEOLocate

El conjunto de herramientas de GEOLocate incluye un cliente colaborativo basado en la web, CoGeo (Rios 2019), cuyo objetivo es proporcionar un mecanismo por el que grupos de usuarios puedan formar comunidades para [georreferenciar] de forma colaborativa y verificar un conjunto de datos compartido (GEOLocate 2018). Esto permite subir un archivo CSV y asignar partes del conjunto de datos a un usuario. También se puede acceder a GEOLocate a través de aplicaciones de terceros mediante su API.

Utilizando las herramientas de GEOLocate, se puede determinar una georreferencia junto con una incertidumbre (Biedron & Famoso 2016). También se puede trazar un polígono de incertidumbre (ver también forma geométrica y § 3.3.4) además del círculo de [radio-punto>. Tenga en cuenta que GEOLocate puede retornar más de una <<ubicación] candidata para una determinada localidad y se aconseja a los usuarios que siempre verifiquen y hagan ajustes, según sea necesario, para obtener el resultado final aceptado (incluyendo radios y polígonos de incertidumbre). Los datos pueden exportarse a través de KML para ser trazados en Google Earth. El sistema permite revisar los registros y se recomienda hacerlo para todos los registros siempre que sea posible.

4.4. Otros Proyectos de Georreferenciación Colaborativa

Otros proyectos, incluyendo los proyectos sobre vertebrados terrestres precursores de VertNet (Stein & Wieczorek 2004, Guralnick & Constable 2010), han dividido y distribuido en el pasado los registros

para localidades de una determinada región geográfica a una institución con experiencia y/o recursos sobre esa región para su [georreferenciación] (véase § 3.1.2). Las principales ventajas de este enfoque son que la cantidad y calidad de las materias primas utilizadas para la georreferenciación probablemente sean mayores, también es probable que la eficiencia y la calidad de los resultados sean mayores que si se intentara sin aprovechar estos recursos. Sin embargo, como ya se ha mencionado, la repatriación de los registros georreferenciados es un problema que hay que resolver para que esto funcione de la manera más eficiente.

5. Compartiendo los Datos

Georreferenciar es sólo el primer paso para que los datos biológicos (de especímenes y observaciones) estén disponibles para el mundo. Sin embargo, es un primer paso importante, ya que es uno de los dos métodos más importantes para identificar qué y dónde está un espécimen, es decir, su nombre científico y su ubicación (Chapman 2005a). Se han desarrollado dos estándares principales para compartir datos biológicos, Darwin Core (Wieczorek et al. 2012b) y Access to Biological Collections Data (ABCD), ambos ratificados por Biodiversity Information Standards (TDWG). En este documento no tratamos la norma ABCD por separado, ya que los mapeos de términos entre Darwin Core y ABCD están bien definidos para los datos de ubicación. Uno de los principios de Darwin Core es intentar proporcionar contenido para todos los campos posibles.

5.1. Mapeando al Darwin Core

Los conceptos del Darwin Core (denotado con el prefijo abreviado `dwc`) para georreferenciación utilizan directamente en este documento son:

`dwc:decimalLatitude` (Latitud decimal), `dwc:decimalLongitude` (Longitud decimal)

las coordenadas geográficas del centro de la versión radio-punto de la georreferencia

`dwc:geodeticDatum` (Dato geodésico)

el código EPSG (preferiblemente) o el nombre del sistema de referencia de coordenadas, datum geodésico o elipsoide de la versión radio-punto de la georreferencia

`dwc:coordinateUncertaintyInMeters` (Incertidumbre de las coordenadas en metros)

el radio de la versión radio-punto de la incertidumbre de la georreferencia, en metros

`dwc:coordinatePrecision` (Precisión de las coordenadas)

la representación decimal de la precisión de las coordenadas resultantes de la georreferencia

`dwc:footprintWKT` (WKT footprint)

la representación de la forma geométrica o caja delimitadora resultante de la georreferencia, en formato de Texto Conocido (WKT) (ISO 2016)

`dwc:footprintSRS` (SRS footprint)

el sistema de referencia de coordenadas de la forma geométrica o caja delimitadora resultante de la georreferencia, en formato de Texto Conocido (WKT) (ISO 2016)

término:dwc[dwc:locality] (Localidad)

destinado a contener una versión (quizás modificada de la original) de las partes de la descripción textual de la ubicación que no tienen otro campo del Darwin Core apropiado para almacenarlas. En datos antiguos, pueden contener cualquier información textual sobre la ubicación

`dwc:verbatimLocality` (Localidad original)

destinado a contener toda la información original, sin modificar, de la ubicación

`dwc:verbatimCoordinates`(Coordenadas originales)

la coordenadas originales en el formato original, especialmente si no son latitud y longitud, como las coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM)

`dwc:verbatimLatitude` (Latitud original), `dwc:verbatimLongitude` (Longitud original)

la latitud y la longitudoriginal en el formato original

`dwc:verbatimCoordinateSystem` (Sistema original de coordenadas)

el formato de las coordenadas de las coordenadas que están en `dwc:verbatimCoordinates` o en `dwc:verbatimLatitude` y `dwc:verbatimLongitude`

`dwc:verbatimSRS` (SRS Original)

el sistema de referencia de coordenadas del campo `dwc:verbatimCoordinates` o de la combinación de `dwc:verbatimLatitude` y `dwc:verbatimLongitude`

`dwc:minimumElevationInMeters` (Elevación mínima en metros), `dwc:maximumElevationInMeters` (Elevación máxima en metros)

los límites inferiores y superiores de la elevación de la ubicación, en metros

`dwc:verbatimElevation` (Elevación original)

la elevación original en el formato original con las unidades originales

`dwc:minimumDepthInMeters` (Profundidad mínima en metros), `dwc:maximumDepthInMeters` (Profundidad máxima en metros)

los límites mínimos y máximos de la elevación de la ubicación, en metros

`dwc:verbatimDepth` (Profunidad original)

la profundidad original en el formato original con las unidades originales

`dwc:minimumDistanceAboveSurfaceInMeters` (Distancia mínima de la superficie en metros), `dwc:maximumDistanceAboveSurfaceInMeters` (Distancia máxima de la superficie en metros)

los límites inferiores y superiores de la posición con respecto a una superficie local, ya sea a una elevación o a una profundidad desde una elevación.

`dwc:locationAccordingTo` (Ubicación de acuerdo con)

la autoridad sobre la fuente de la información de la ubicación, no sobre la información de la georreferencia, para la cual véase `dwc:georeferenceSources`

`dwc:locationRemarks` (Comentarios de la ubicación)

comentarios sobre la información de la ubicación, no sobre la georreferencia de la ubicación, para lo cual véase `dwc:georeferenceRemarks`

`dwc:pointRadiusSpatialFit` (Ajuste espacial del radio-punto)

el ajuste espacial de la georreferencia radio-punto (ver § 3.6)

`dwc:footprintSpatialFit` (Ajuste espacial de footprint)

el ajuste espacial de la georreferencia forma geométrica o la caja delimitadora (ver § 3.6)

`dwc:georeferencedBy` (Georreferenciado por)

quien es responsable de la georreferencia tal y como está actualmente, podría ser la persona que

hizo el primer ejercicio, pero podría cambiarse posteriormente por la persona que la verifica

`dwc:georeferencedDate` (Fecha de georreferenciación)

la fecha en la que los datos en los campos de georreferencia alcanzaron su estado actual

`dwc:georeferenceProtocol` (Protocolo de georreferenciación)

una cita a un conjunto de reglas publicado utilizado para determinar una georreferencia. Por ejemplo, "Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación 2020". Cualquier desviación del protocolo citado debe anotarse en `dwc:georeferenceRemarks`

`dwc:georeferenceSources` (Fuentes de georreferenciación)

una lista de mapas, gaceteros u otros recursos utilizados para [georreferenciar] la ubicación. La descripción debe ser lo suficientemente específica como para permitir que cualquiera en el futuro haga uso de los mismos recursos.Ejemplo: "USGS 1:24000 Florence Montana Quad 1967; Terrametrics 2008, Google Earth".

`dwc:georeferenceVerificationStatus` (Estado de la verificación de la georreferenciación)

un indicador del grado en que se ha verificado que la georreferencia representa la mejor descripción espacial posible para el registro. Por defecto, una georreferencia recién creada debe tener el estado "requiere verificación". Más allá de eso, sólo hay otras dos posibilidades funcionalmente distintas, ya sea "verificada" (por la persona mencionada en `dwc:georeferencedBy`) y "verificada por el colector" o equivalente, para indicar que la georreferencia fue revisada para ese registro específico por la persona que la registró para empezar y que no puede ser mejorada. Este es el estado ideal al que se debe aspirar.

`dwc:georeferenceRemarks` (Comentarios de la georreferenciación)

cualquier nota o comentario sobre la descripción espacial, las desviaciones del protocolo citado, las suposiciones o los problemas de georreferenciación. Por ejemplo, "localidad demasiado vaga para georreferenciar".

5.2. Generalización de georreferencias para taxones y localidades sensibles

Como se recomienda en otras partes de este documento, las georreferencias deben registrarse y almacenarse con la mejor resolución y precisión posible. Sin embargo, si la ubicación de un taxón se considera sensible por alguna razón siguiendo las directrices establecidas en Chapman 2020 y Chapman & Grafton 2008 y si el acuerdo indica que la información detallada de la ubicación no debe ser compartida, recomendamos, que los datos sólo sean << generalización, generalizados>> en el momento de compartir o publicar los datos.

Recomendamos que, si se van a generalizar los datos, se haga reduciendo el número de cifras decimales (por ejemplo, cuando se utilizan grados decimales) con las que se publican los datos (Chapman & Grafton 2008, Chapman 2020). Las buenas prácticas dictan que cualquier cosa que se haga para generalizar los datos se documente, de modo que los usuarios de los datos sepan qué tanta confianza se puede depositar en ellos. En lo que respecta a la generalización de los datos de georreferenciación, es importante registrar que los datos se han generalizado utilizando una '*grilla geográfica decimal*' y registrar:

- Precisión de los datos proporcionados (p. ej., 0.1 grados; 0.001 grados, etc.)
- Precisión de los datos almacenados o retenidos (p. ej., 0.0001 grados, 0.1 minutos, 1 segundo, etc.)

Recomendamos que al registrar el grado de generalización de los datos, se use el Ajuste Espacial (§

3.6). Por ejemplo, el grado en que un registro ha sido generalizado para obnibular la georreferencia será un número mayor que 1 (ver Figura 14 y https://doi. rg/10.15468/doc-5jp4-5g10[Chapman 2020^]).

> Los datos nunca deben ser generalizados en el momento de la colecta, durante la georreferenciación o durante el almacenamiento en la base de datos.

Algunas instituciones aleatorizan los datos antes de publicarlos. Esta es una práctica que **NO** recomendamos y de hecho la desincentivamos en cualquier circunstancia (Chapman 2020).

6. Manteniendo la Calidad de los Datos

Los datos que han sido incorporados a la base de datos y georreferenciados tienen que ser mantenidos y verificados en cuanto a su calidad. El proceso de verficación de la calidad implica una serie de pasos, incluyendo recibir retroalimentación de los usuarios, proporcionar información a los colectores y llevar a cabo diversas pruebas de validación. Para más información sobre la calidad de los datos y lo que significa para la colecta de datos especies primarias, vea Chapman 2005c. Dos principios importantes asociados a la calidad y la limpieza de los datos son:

- La prevención del error es preferible a la corrección de los errores.
- Cuanto antes se detecte un error en la cadena de información, menos costoso será corregirlo.

6.1. Retroalimentación a los Colectores

La mejora de la calidad de los datos puede requerir proporcionar retroalimentación a los demás. Por ejemplo, si descubre que un colector en particular no está registrando la información de sus colectas correctamente (p. ej. no registra el datum con la información de la coordenada), entonces se necesita darle retroalimentación para que los registros futuros tengan un nivel más bajo de incertidumbre y por lo tanto una mayor calidad. Véase el capítulo anterior sobre § 2. Los asuntos clave que pueden requerir una retroalimentación a los colectores incluyen:

- Asegurarse de que el datum o sistema de referencia de coordenadas está registrado en todas las lecturas GPS
- Fomentar el uso coherente de un formato de las coordenadas estándar(p. ej., animar a los colectores a usar grados decimales siempre que sea posible)
- Registrar las localidades de una manera consistente y clara:
  - Utilizar la entidad geográfica más pequeña y persistente y desplazamientos ortogonales
  - Registrar "por carretera" o "por aire", ser explícito sobre la precisión de la distancia y utilizar rumbos específicos en grados para los desplazamientos en una [orientación cardinal]
- Asegurarse de que documenten todos los procesos y metodologías usadas para registrar información de las localidades e información asociada a la localidad, como la elevación
- Fomentar el entrenamiento y la adopción de las buenas prácticas, como las expuestas en este documento

6.2. Aceptando Retroalimentación de los Usuarios

Los comentarios de los usuarios pueden ser uno de los recursos más valiosos para mejorar la calidad de las colecciones y observaciones propias. Sin embargo, para que esto funcione, la institución debe establecer un buen mecanismo de retroalimentación. Tiene que haber un proceso por el que se

verifiquen todos los comentarios relacionados con la calidad y se documenten los resultados (ver Chapman 2005a y Chapman 2005b). La retroalimentación puede provenir de otras instituciones que tienen duplicados de los especímenes, de usuarios que están llevando a cabo análisis con grandes cantidades de datos y encuentran registros que están o erróneamente [georreferenciados] o mal identificados, o de usuarios que están llevando a cabo la verificación de la calidad de los datos en registros relacionados. Todos los comentarios son importantes y no deben ser ignorados. Las verificaciones realizadas siempre deben documentarse para que no se compruebe una y otra vez el mismo "error", por ejemplo, con `dwc:georeferenceVerificationStatus`. Tener una forma única de referenciar especímenes puede ser importante y hace que la retroalimentación sea mucho más eficiente (ver [Identificadores persistentes (PIDs)]).

6.3. Verificación y Limpieza de los Datos

Un aspecto importante, pero que a menudo se pasa por alto, de cualquier proyecto de georreferenciación es la verficiación de los datos georreferenciados que se ingresan en la base de datos. Comunmente se ignora este aspecto por falta de fondos o de personal. Sin embargo, dado que el objetivo de cualquier proyecto de georreferenciación es producir coordenadas geográficas que relacionen un espécimen o una observación con un lugar en un mapa o con datos ambientales, es importante que las coordenadas elegidas sean realmente las mejores para la ubicación. No sólo mejora la calidad de los datos, sino que también identifica tendencias y hábitos en el proceso de georreferenciación que pueden necesitar ser corregidos.

6.3.1. Entrada de Datos

Una de las principales fuentes de error en la georreferenciación se produce en la fase de introducción de datos. Los errores pueden reducirse mediante el establecimiento de buenos procedimientos de entrada de datos: uso de listas de selección, restricciones de campo, etc. Muchas de estos asuntos deberían abordarse también como parte del diseño de la base de datos (ver § 3.1.1.4). El buen diseño de la base de datos puede reducir muchos de los errores asociados a la introducción de datos. Sin embargo, una vez que se hayan establecido y funcionen, es necesario realizar verificaciones periódicas de los operadores de entrada de datos y del proceso de entrada de datos.

Un método desarrollado para el proyecto MaPSTeDI (Murphy et al. 2004) consiste en verificar primero la exactitud de la georreferenciación. Este proceso implica la verificación de un cierto número de registros de cada georreferenciador. Basándose en varias pruebas, se recomienda comprobar la exactitud de los primeros 200 registros que complete un nuevo georreferenciador. Esta comprobación inicial no sólo es beneficiosa para la exactitud de los datos, sino que también es esencial para permitir que el georreferenciador mejore y aprenda a través de la retroalimentación de los errores cometidos. Recomendamos el siguiente protocolo para verificar la calidad de los datos:

- Compruebe los 200 registros iniciales. Si los problemas persisten, compruebe en grupos de 100 hasta que estén satisfechos con las habilidades del georreferenciador.
- Regularmente revise 10 de cada 100 registros seleccionados aleatoriamente.
- Si hay más de dos registros incorrectos, el verificador de calidad debe comprobar 20 registros más y puede pedir al georreferenciador que rehaga los 100 registros completos.
- Al cabo de un tiempo, las comprobaciones periódicas pueden reducirse a cinco registros de cada 100.

El segundo propósito de la verificacón de calidad es permitir a los georreferenciadores remitir los registros difíciles o confusos al verificador de calidad para que les ayude o aconseje. El verificador de calidad resolverá entonces estos "registros problemáticos" de la mejor manera posible. Comprobar los registros problemáticos puede ser un trabajo detectivesco. Los registros históricos suelen tener

descripciones de § 2.2 con entidades geográficas que no aparecen en los mapas modernos ni en los gaceteros. Para encontrar estas localidades, a menudo es necesario consultar varias fuentes de información diferentes. Estas fuentes incluyen, entre otras, libros de catálogos, notas de campo, otros registros con localidades similares, otras colecciones, publicaciones científicas y de otro tipo, sitios web, bases de datos en línea, gaceteros especializados y mapas históricos. A menudo se pueden utilizar fragmentos de información de varios lugares para establecer las coordenadas correctas de una localidad histórica.

Además, algunos registros problemáticos no tienen sentido debido a las contradicciones o a la falta o confusión de información. Estos registros problemáticos pueden ser el resultado de errores en la introducción de datos, ya sea en el catálogo en papel o en la base de datos. También puede ser necesario consultar al personal curatorial o incluso al colector original. Si se puede encontrar información de georreferenciación para las localidades difíciles, vale la pena documentarlas para su futuro uso o incluso publicar los resultados de sus búsquedas, pues usted u otras personas pueden volver a encontrarse con la misma localidad en una fecha posterior.

6.3.2. Validación de los Datos

La validación de datos (verificación de errores) puede ser un proceso que requiere mucho tiempo, sin embargo, es uno de los procesos más importantes que puede llevar a cabo con sus datos. No es práctico verificar cada registro individualmente, por lo que es esencial el uso de técnicas de procesamiento por lotes y procedimientos de detección de valores atípicos, etc. Afortunadamente, se han desarrollado varias técnicas y están disponibles como productos de software o en línea (vea georeferencing.org y Chapman 2005b). La información de esos recursos no se repite aquí. Le recomendamos que incorpore algunas de esas metodologías a sus propias prácticas de trabajo.

Hay muchos métodos para verificar errores en datos de georreferenciación. Estos pueden implicar:

- Uso de bases de datos externas (itinerarios de colectores, gaceteros, etc.)
- Comprobación con otros campos de su propia base de datos (asegurándose de que la georreferencia corresponde al estado, país, región, etc. correcto)
- Utilizar un SIG para buscar registros que queden fuera de los límites de los polígonos como biorregiones, áreas de gobierno local, áreas terrestres/acuáticas/marinas
- Utilizar métodos estadísticos como diagramas de caja, jackknife inverso, curvas de frecuencia acumulada y análisis de conglomerados para identificar valores atípicos en latitud y longitud o en elevación
- Usar mapas de rango derivados por expertos
- Utilizar listas de taxones: por ejemplo, utilizar una lista de taxones marinos para determinar si un registro debe ser marino o no y de forma similar con los taxones acuáticos terrestres y de agua dulce
- Utilizar softwares de modelamiento junto con análisis estadísticos para identificar valores atípicos en el espacio ambiental (p. ej., climático)

Algunas de estas técnicas están incorporadas en varios programas, como Biogeo (Robertson et al. 2016), CoordinateCleaner (Zizka et al. 2019) y el software independiente SIG DIVA-GIS (Hijmans et al. 2012). Vea también georeferencing.org.

El Grupo de Interés en la Calidad de los Datos (Data Quality Interest Group) del TDWG estableció un Grupo de Trabajo en 2014 para desarrollar un conjunto de Pruebas y Afirmaciones Básicas (Core Tests and Assertions) para verificar y validar la calidad de los datos de registros de especies (especímenes y observaciones, etc.). Las 101 pruebas resultantes, basadas en los campos del Darwin Core, estarán codificadas y disponibles para su uso en 2020 (Chapman et al. 2020). Actualmente (en febrero de

2020), hay 12 pruebas de validación relacionadas con coordenadas y datums y otras siete relacionadas con la geografía. Además, hay siete pruebas de modificación que pueden utilizarse para mejorar la calidad de los datos.

6.3.3. Hacer Correcciones

Al hacer correcciones en su base de datos, le recomendamos que siempre añada y nunca sustituya o elimine. Para ello, normalmente necesitará campos adicionales en la base de datos. Por ejemplo, puede tener campos "originales" además de los campos principales de [georreferenciación]. Además, la base de datos puede requerir una serie de campos de "Observaciones/Notas/Comentarios". Los campos que pueden ser valiosos son aquellos que describe la verificación de validación que se ha realizado, incluso (y a menudo especialmente) si esa verificación ha llevado a la confirmación de la georreferencia. Estos campos pueden incluir información sobre qué verificaciones se han realizado, por quién, cuándo y con qué resultados. Asegúrese de actualizar el equivalente de `dwc:georeferenceVerificationStatus` y los campos asociados (`dwc:georeferencedBy`, `dwc:georeferencedDate`) siempre que se realicen cambios en la georreferencia.

6.4. Responsabilidades del Administrador

Es importante que el administrador mantenga un buen conjunto de documentación (directrices, documentos de buenas prácticas, etc.), se asegure de que existen mecanismos eficaces de retroalimentación y garantice la aplicación de procedimientos actualizados de calidad de datos. Para más responsabilidades, remitimos al documento Principles of Data Quality (Chapman 2005a), que debe leerse como complemento de este documento.

6.5. Responsabilidades del supervisor

El supervisor de georreferenciación tiene la principal responsabilidad de controlar y mantener la calidad de los datos en el día a día. Tal vez su responsabilidad principal sea la de supervisar los procedimientos de entrada de datos (ver § 6.3.1) y los procesos de validación, verificación y limpieza de datos. Esta función es clave en cualquier proceso de georreferenciación, junto con la de los operadores de entrada de datos. Es importante que las funciones y responsabilidades estén documentadas en los manuales y directrices de buenas prácticas de la institución.

6.6. Entrenamiento

El entrenamiento es una de las principales responsabilidades de cualquiera que comience o lleve a cabo la georreferenciación. Un buen entrenamiento puede reducir el nivel de error, reducir los costos y mejorar la calidad de los datos.

Los temas de un curso de cinco días pueden incluir (dependiendo de la audiencia y no en este orden) los siguientes, adaptados de Paul 2018:

- Introducción a la georreferenciación
- Desarrollo de un proyecto de georreferenciación
- Buenas prácticas de georreferenciación
- Guía de Referencia Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020)
- Uso de la Calculadora de Georreferenciación (Wieczorek & Wieczorek 2020)
- Conceptos geográficos
- Tipos de localidades

- Buenas y malas localidades
- Uso de gaceteros
- Uso de mapas en físico
- Uso de Google Earth y Google Maps
- Registro de la incertidumbre cuando se usa el método radio-punto
- Uso del método forma geométrica de georreferenciación de la incertidumbre
- Uso de herramientas en línea
- Encontrar recursos de Internet
- De la colaboración a la automatización
- Reportar a través del Darwin Core
- Validar georreferencias.
- Repatriar los datos
- Construcción de flujos de georreferenciación de extremo a extremo
- Compartir datos georreferenciados

El entrenamiento en georreferenciación tiene una curva de aprendizaje que en algunos casos puede ser empinada. Como una buena práctica de la georreferenciación implica tener conocimientos de varias áreas diferentes (por ejemplo, geografía, informática, datos de biodiversidad, estándares de datos, etc.), asegúrese de establecer un proceso sólido de selección de los participantes. Esto le ayudará a reducir el tiempo y los recursos necesarios para el entrenamiento y lo que es más importante, reducirá la probabilidad de errores y mejorará la calidad de los datos.

6.7. Criterios de Rendimiento

La elaboración de criterios de rendimiento es una buena manera de garantizar un alto nivel de eficacia, eficiencia, coherencia, exactitud, fiabilidad, transparencia y calidad en la base de datos. Los criterios de rendimiento pueden referirse a un individuo (operador de entrada de datos, supervisor, etc.) o al proceso en su conjunto. Puede referirse al número de registros ingresados por unidad de tiempo, pero recomendaríamos que se refiriera más a la calidad del ingreso (algunos tipos de localidad y algunas regiones geográficas son simplemente más difíciles que otras). En la medida de lo posible, los criterios de rendimiento deberían ser finitos y numéricos para poder documentar el rendimiento en relación con los criterios. Algunos ejemplos pueden ser:

- 90 por ciento de los registros se someterán a controles de validación en un plazo de 6 meses a partir de la entrada.
- Los registros sospechosos que sean identificados durante los procedimientos de validación se comprobarán y corregirán en un plazo de 30 días laborables.
- La retroalimentación de los usuarios sobre los errores se comprobarán y los resultados se notificarán al usuario en un plazo de dos semanas.
- Toda la documentación de los controles de validación estará completa y actualizada.
- Los datos actualizados se publicarán mensualmente.

6.8. Índice de incertidumbre espacial

Puede desarrollarse y documentarse un Índice de Incertidumbre Espacial para el conjunto de datos, con el fin de poder informar sobre la calidad del conjunto de datos. Este índice complementaría un índice similar de otros datos en la base de datos, como un índice de Incertidumbre Taxonómica y generalmente sería para uso interno, pero puede ser compartido como parte de los metadatos de una institución. En la actualidad, no existe un índice universal de este tipo para los datos de presencia de especies primarias, pero las instituciones pueden considerar la posibilidad de desarrollar una propio y probar su utilidad. En la medida de lo posible, estos índices deberían generarse automáticamente y producirse como parte de una solicitud de datos de la base de datos y empaquetarse con los metadatos como parte de la solicitud. Este índice podría ser la base para ayudar a los usuarios a determinar la calidad de la base de datos para su uso particular. Los autores de este documento estarían interesados en recibir cualquier retroalimentación de las instituciones que desarrollen dicho índice. El índice debería formar parte de los metadatos del conjunto de datos y podría incluir lo siguiente para la parte de la base de datos georreferenciación:

1. Índice de Completitud
    - Porcentaje de registros con los campos de georreferencia mínimos recomendados que contienen valores válidos
    - Porcentaje de registros con un campo de extensión que tiene un valor
    - Porcentaje de registros con un campo de incertidumbre que tiene un valor
    - Porcentaje de registros con un campo de precisión de las coordenadas que tiene un valor
    - Porcentaje de registros con un campo de datum que tienen un datum conocido o un valor de sistema de referencia de coordenadas
2. Índice de Incertidumbre
    - Media y desviación estándar del valor de incertidumbre para aquellos registros que tienen un valor.
    - Porcentaje de registros con un valor de distancia máxima de incertidumbre en cada clase:
        1. <100 m
        2. 100-1,000 m
        3. 1,000-2,000 m
        4. 2,000-5,000 m
        5. 5,000-10,000 m
        6. >10,000 m
        7. No determinado
3. Índice de Actualidad
    - Tiempo desde la última entrada de datos
    - Tiempo desde el último control de validación
4. Índice de Validación
    - Porcentaje de registros que se han sometido a la prueba de validación **x**
    - Porcentaje de registros que se han sometido a la prueba de validación **y**, etc.
    - Porcentaje de registros que se han identificado como sospechosos usando pruebas de validación

- Porcentaje de registros sospechosos que resultan ser errores reales

Las pruebas derivadas del Grupo de Interés en Calidad de Datos del TDWG incluyen 4 pruebas de medición a nivel de registro (Chapman et al. 2020):

- Número de pruebas de validación en las que no se han cumplido los requisitos previos
- Número de pruebas de validación que fueron conformes
- Número de pruebas de validación que no fueron conformes
- Número de modificaciones propuestas

6.9. Documentación

La documentación es uno de los aspectos clave de cualquier proceso de georreferenciación. La documentación implica todo, desde la documentación a nivel de registro tal como:

- Cómo se determinó la georreferencia
- Qué método se uso para determinar el radio y la incertidumbre
- Qué modificaciones se hicieron (por ejemplo, si un operador edita un punto en la pantalla y lo mueve del punto 'a' al punto 'b' es una buena práctica documentar "por qué" se movió el punto y no sólo registrar que la ubicación fue movida del punto 'a' al punto 'b' por el operador)
- Cualquier control de validación que se haya realizado, por quién y cuándo
- Indicadores que puedan indicar incertidumbre, etc.

La documentación también incluye los metadatos relacionados con la colección como un todo, lo que pueden incluir:

- El nivel general de calidad de datos
- Las verificaciones generales realizadas en todo el conjunto de datos
- Las unidades de medida y otros estándares adoptados
- Las pautas seguidas
- El [Índice de Incertidumbre Espacial] (ver la discusión anterior en esta sección)

Un segundo conjunto de documentación se refiere a:

- El documento de "Buenas Prácticas" de la institución que recomendamos debería derivarse de este documento y adaptarse a las necesidades específicas de la institución
- Manuales de entrenamiento
- Documentación estándar de la base de datos
- Pautas y estándares

Recomendamos que se haga de la documentación una parte integral de cualquier proceso de georreferenciación.

6.9.1. Honestidad en el Etiquetado

La "Honestidad en el Etiquetado" es una consideración importante con respecto a la documentación de la [calidad] de los datos. Esto es especialmente cierto cuando los datos se ponen a disposición de un público más amplio, por ejemplo, a través de GBIF. Recomendamos que la documentación de los

datos y su calidad de datos sea directa y honesta. El Error es una característica ineludible de cualquier conjunto de datos y debe ser reconocido como un atributo fundamental de los mismos. Todas las bases de datos tienen errores y a nadie le interesa ocultar esos errores (Chrisman 1991). Al contrario, revelar los datos en realidad los expone a la edición, la validación y la corrección a través de la retroalimentación de los usuarios, mientras que ocultar la información casi que garantiza que seguirá siendo sucia y de poco valor a largo plazo.

Glosario

El propósito de este glosario es definir conceptos importantes de acuerdo con el significado previsto en este documento y otros asociados como la Guía Rápida de Georreferenciación (Zermoglio et al. 2020) y el Manual de la Calculadora de Georreferenciación (Bloom et al. 2020). Los términos presentados se han adapto de muchas fuentes, incluyendo Wikipedia (desde noviembre de 2019), el Diccionario de ESRI (desde noviembre de 2019) (ESRI n.d.), y varios artículos como Kemp 2008. Sin embargo, estos conceptos pueden ser consultados en otras fuentes con mayor contexto.

exactitud

La cercanía de un valor estimado (por ejemplo, medido o calculado) a un valor estándar o aceptado ("verdadero"). Antónimo: inexactitud. Comparar con error, sesgo, precisión, falsa precisión e incertidumbre.

> "El valor verdadero no es conocido, sólo estimado, la exactitud de la cantidad medida también es desconocida. Por lo tanto, la exactitud de la coordenada sólo puede ser estimada. (Geodetic Survey División 1996, FGDC 1998).

altitud

Una medida de la distancia vertical por encima de un datum vertical, ya sea el nivel medio del mar o un geoide. Para los puntos sobre la superficie de la Tierra, la altitud es sinónimo de elevación.

antimeridiano

El meridiano de longitud opuesta a un meridiano de referencia. Un meridiano y su antimeridiano forman un anillo continuo alrededor de la Tierra. El "Antimeridiano" es el meridiano específico de longitud opuesta al meridiano cero y se utiliza como base de la Línea internacional de cambio de fecha.

batimetría

1. Medida de profundidad del agua en océanos, mares y lagos.
2. Las formas de los terrenos subacuáticos, incluyendo la topografía submarina y el mapeo de los fondos marinos.

sesgo

La diferencia entre el promedio de un conjunto de mediciones y el valor verdadero aceptado. El sesgo es equivalente al promedio del error sistemático en un conjunto de mediciones y una corrección para contrarrestar el error sistemático puede hacerse ajustando el sesgo. Comparar con exactitud, error, precisión, falsa precisión e incertidumbre.

límite

La división espacial entre lo que está dentro de una ubicación y lo que está fuera de ella.

caja delimitadora

Área definida por las coordenadas de dos esquinas diagonalmente opuestas de un polígono, que definen los extremos norte-sur y este-oeste del área contenida.

cláusula

ver claúsula de la localidad.

formato de las coordenadas

Formato en el que las coordenadas están codificadas, como "grados decimales", "grados minutos segundos", "grados minutos decimales" o Universal Transversa de Mercator (UTM).

precisión de las coordenadas

La fracción de un grado correspondiente al número de dígitos significativos en las coordenadas originales. Por ejemplo, si las coordenadas son reportadas al minuto más cercano, la precisión es 1/3600th (0. 0027778) de grado; si un grado decimal se reporta a dos decimales, la precisión es 0.01 de grado.

sistema de referencia de coordenadas

(también sistema de referencia espacial) Un sistema de coordenadas definido en relación a una referencia estándar o datum.

sistema de coordenadas

Un sistema geométrico que describe la naturaleza y la relación de las coordenadas usadas para definir posiciones únicas. Algunos ejemplos incluyen el [sistema de coordenadas geográfico] y el sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM).

incertidumbre de las coordenadas

Medida de la distancia mínima desde una coordenada, en la que puede interpretarse que se ubica una localidad.

coordenadas

Conjunto de valores que definen una posición dentro de un sistema de coordenadas. Las coordenadas se utilizan para representar ubicaciones en el espacio en relación a otras ubicaciones.

Incertidumbre de las coordenadas en metros

Término Darwin Core correspondiente a la distancia máxima de incertidumbre en metros.

centro corregido

El punto dentro de una ubicación, o en sus límites que minimiza el radio geográfico de la ubicación. Este punto se obtiene haciendo el círculo mínimo que contenga todo la entidad geográfica y luego tomando el centro de ese círculo. Si ese centro no cae dentro de los límites de la geometría, se debe hacer un círculo mínimo que tenga su centro en el límite de la geometría. Note que en el segundo caso, el nuevo círculo y por ende el radio, siempre serán mas grandes que el centro no corregido (ver [img-centro-polígono]).

Darwin Core

Estándar para el intercambio de información sobre diversidad biológica (ver Darwin Core).

calidad de datos

Aptitud para el uso de los datos (en inglés: ´Fitness for use') (Juran 1964, Juran 1995, Chrisman 1991, Chapman 2005a). Como colector de datos primarios, puede que usted tenga una intensión de uso para los mismos, pero estos tienen el potencial de ser utilizados de otras maneras aún no previstas; por lo tanto, el valor de los datos está directamente relacionado con la aptitud que tienen para ser utilizados en una variedad de usos. A medida que los datos se vuelven más accesibles, son mas evidentes sus potenciales usos. (Chapman 2005c).

datum

Conjunto de uno o más parámetros que sirven como referencia o base para el cálculo de otros parámetros ISO 19111. El datum define la posición del origen, la escala y la orientación de los ejes de un sistema de coordenadas. Para propósitos de la georreferenciación, un datum puede ser un datum geodésico o un datum vertical.

grados decimales

Grados expresados como un único número real (p. ej., -22.343456). Tenga en cuenta que las latitudes al sur del ecuador son negativas, al igual que las longitudes al oeste del meridiano cero hasta –180 grados. Ver también latitud decimal y longitud decimal.

latitud decimal

Latitud expresada en grados decimales. Los límites de la latitud decimal se encuentran entre -90 y 90 grados.

longitud decimal

Longitud expresada en grados decimales. Los límites de la latitud decimal se encuentran entre -180 y 180 grados.

declinación

ver declinación magnética.

DEM

ver modelo digital de elevación.

profundidad

Medición de la distancia vertical por debajo de un datum vertical. En este documento tratamos de modificar el término para indicar el medio en el que se realiza la medición. En este sentido, la "profundidad del agua" es la distancia vertical por debajo de una interfaz de aire-agua, en un cuerpo de agua (océano, lago, río, agujero, etc.). Comparar con distancia sobre la superficie. Profundidad es siempre un número no negativo.

modelo digital de elevación (DEM)

Representación digital de la elevación de una ubicación en la superficie de la tierra, habitualmente representado en forma de una [grilla] rectangular (raster) que almacena la elevación relativa al nivel medio del mar o algún otro datum vertical. El término Modelo de Terreno Digital (DTM) se utiliza a veces de forma intercambiable con DEM, aunque normalmente se limita a modelos que representan capas. Un DTM normalmente contiene información adicional de superficie, como picos y roturas en pendiente.

dirección

ver dirección.

distancia sobre la superficie

Además de la elevación y la profundidad, esta es una medida de la distancia vertical sobre un punto de referencia, con una distancia mínima y máxima para cubrir un rango. Para las ubicaciones sobre una superficie terrestre, el punto de referencia debe ser la elevación a nivel del suelo. Sobre un cuerpo de agua (océano, mar, lago, río, glaciar, etc.), el punto de referencia para las ubicaciones aéreas debe ser la elevación a partir de la interfaz aire-agua, mientras que el punto de referencia para ubicaciones bénticas subsuperficiales debe ser la interfaz entre el agua y el sustrato. Las ubicaciones dentro de un cuerpo de agua deben usar la profundidad en lugar de una distancia sobre la superficie negativa. Las distancias por encima de un punto de referencia deben ser expresadas como números positivos, mientras que las que están abajo deben ser negativas. La

distancia máxima sobre una superficie será siempre un número mayor o igual a la distancia mínima sobre la superficie. Dado que las distancias por debajo de una superficie son números negativos, la distancia máxima siempre será un número menor o igual a la distancia mínima. Comparar con altitud.

GMS

Grados, minutos y segundos – uno de los formatos más comunes para expresar coordenadas geográficas en mapas. Un grado se divide en 60 minutos de arco y cada minuto se divide en 60 segundos de arco. Grados, minutos y segundos son indicados por los símbolos °, ', ''. Los grados de latitud son enteros entre 0 y 90 y deben ir seguidos de un indicador para el hemisferio (p. ej. N o S). Los grados de longitud son enteros entre 0 y 180, y deben ir seguidos de un indicador para el hemisferio (ej. E o W).

este

Dentro de un [sistema de coordenadas de referencia] (e.g. como la proporcionada por un GPS o un un mapa de [grilla] bajo un sistema de referencia específico), la línea que representa la distancia hacia el este desde un meridiano de referencia en un mapa.

elevación

Medida de la distancia vertical de una superficie continental o marina a partir de un datum vertical. En los mapas, la referencia al datum generalmente es una interpretación del nivel medio del mar o el geoide, mientras que en dispositivos GPS/GNSS, el datum de referencia es el elipsoide del datum geodésico al que está configurada la unidad GPS, aunque el dispositivo puede hacer correcciones para informar de la elevación por encima del nivel del mar o del geoide. Las elevaciones que están por encima de un punto de referencia deben ser expresadas como números positivos, mientras que las que están por debajo deben ser negativas. Comparar con profundidad, distancia sobre la superficie, y altitud.

elipsoide

Una geometría tridimensional de forma geométrica cerrada, cuyas secciones planas son elipses o círculos. Un elipsoide tiene tres ejes independientes. Si se genera un elipsoide haciendo girar una elipse alrededor de uno de sus ejes principales y los dos ejes del elipsoide son los mismos, se le conoce como un elipsoide de revolución. Cuando se usa para representar un modelo de la tierra, el elipsoide es un elipsoide oblato de revolución hecho girando un elipse sobre su eje menor.

punto de entrada

El punto de entrada sobre la superficie del océano o lago, donde un buceador entra al agua y desde el cual se miden todas las actividades. Ver Figura 7.

EPSG

Los códigos EPSG son definidos por la Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas, usando un identificador de referencia espacial (SRID) para referenciar los sistemas de referencia espacial. El Conjunto de parámetros geodésico EPSG (IOPG 2019) es una colección de sistemas de referencia de coordenadas (incluyendo datums) y transformaciones de coordenadas que pueden ser de aplicados a escala global, regional, nacional o local.

error

La diferencia entre un valor calculado, estimado o medido y el valor verdadero aceptado, especificado, o teóricamente correcto. Este compara tanto la se llama "<<sesgo". Comparar con exactitud, sesgo, precisión, falsa precisión e incertidumbre.

evento

Un proceso que ocurre en una determinada ubicación durante un periodo de tiempo. Se utiliza

genéricamente para cubrir varios tipos de eventos de colecta, eventos de muestreo y observaciones.

extensión

El espacio total dentro del límite que representa una ubicación. El alcance puede ser un volumen, un área o una distancia.

falsa precisión

Registro de datos con un mayor número de decimales que los presentes en los datos originales. Esto ocurre frecuentemente después de realizar transformaciones en las unidades de medida o sistema de coordenadas, por ejemplo de pies a metros, o de grados, minutos, y segundos a grados decimales. En general, la precisión no se conserva a través de las transformaciones; sin embargo, en la práctica, se registra como si el resultado de la transformación correspondiera a la precisión original. Por ejemplo, un registro de 10°20′, es almacenado en una base de datos en grados decimales como ~10.3°. Cuando se exporta desde algunas bases de datos, resultará en un valor de 10. 3333333333 con una precisión de 10 decimales, en lugar de la precisión original de 1 minuto. Interpretando la precisión que representan las coordenadas como una precisión en distancia en el suelo, 10^-10 grados corresponde a cerca de 0.002 mm en el ecuador, mientras que la precisión de 1 minuto corresponde a aproximadamente 2.6 km. Esta no es una verdadera precisión ya que se refiere a los datos originales, pero es una precisión falsa si se representa como una combinación de la conversión de coordenadas y la fracción resultante en la exportación desde una base de datos. Esta no es una precisión verdadera en lo que respecta a los datos originales, sino una precisión falsa, generada a partir de la combinación de la conversión de coordenadas y la representación de la fracción resultante en la exportación de una base de datos. Comparar con precisión y exactitud.<sistema de coordenadas>

entidad geográfica

Un objeto de observación, medida o referencia que puede ser representado espacialmente. A menudo categorizado en "tipos" (p. ej. montañas, caminos, centros poblados, etc.) y nombres específicos (p. ej. "Monte Everest", "Ruta 40", "Istanbul"), que también se denominan "nombres de lugares" o "topónimos".

footprint

Ver forma geométrica. Tenga en cuenta que "footprint" se utilizó en anteriores documentos sobre georreferenciación y en los nombres de algunos términos del estándar Darwin Core: dwc[footprintWKT] y `footprintSpatialFit`.

gacetero

Índice de entidades-geográficas y sus ubicaciones, que generalmente incluyen coordenadas geográficas.

generalización

En términos geográficos, se refiere a la conversión de una representación geográfica a una con menos resolución y menos contenido informativo; tradicionalmente asociado con un cambio de escala. También definido como *simplificado*. (Chapman 2020).

geocodificar

El proceso (verbo) o producto (sustantivo) de determinar las coordenadas a partir de una dirección. También se utiliza a veces como sinónimo de georreferenciación.

sistema de referencia de coordenadas geodésicas

sistema de referencia de coordenadas basado en un datum geodésico, usado para describir las posiciones en la superficie de la tierra.

datum geodésico

Un modelo matemático que utiliza un elipsoide de referencia para describir el tamaño y la forma de la superficie de la tierra y le añade la información necesaria sobre el origen y orientación del sistema de coordenadas.

límite geográfico

Representación en coordenadas geográficas del límite de una proyección vertical sobre un modelo de la superficie de la tierra.

centro geográfico

El punto medio entre la latitud y longitud mas alejados de una geometría. Los centros geográficos son relativamente fáciles de determinar, pero por lo general no corresponden con el centro del círculo de menor diámetro circunscrito en la geometría. Por esta razón, no se recomienda utilizar un centro geográfico para ninguna aplicación en georreferenciación. Ver centro corregido.

componente geográfico

Parte de la descripción de una ubicación que consta de coordenadas geográficas y una incertidumbre asociada. Los componentes no geográficos de una descripción de ubicación incluyen elevación, profundidad y distancia sobre la superficie.

sistema de coordenadas geográficas

Un sistema de coordenadas que usa coordenadas geográficas.

sistema de referencia de coordenadas geográficas

Un sistema de referencia de coordenadas geodésicas que usa coordenadas geográficas.

coordenadas geográficas

Medición de la ubicación sobre la superficie de la tierra expresada a partir de latitudes y longitudes.

extensión geográfica

Todo el espacio dentro del límite geográfico de una ubicación. El alcance geográfico puede ser un área o una distancia.

sistema de información geográfica (SIG)

Conjunto de herramientas computacionales diseñadas para capturar, almacenar, manipular, analizar, mapear, gestionar, y presentar todo tipo de datos geográficos e información en forma de mapas.

radio geográfico

La distancia desde el centro corregido de una ubicación hasta el punto mas lejano de su límite geográfico. El radio geográfico contribuye al cálculo de la distancia máxima de incertidumbre usando el método de georreferenciación radio-punto. El término de radio geográfico, como se define aquí, remplaza la definición equivalente de "extensión" usada en versiones anteriores de este documento y otros relacionados, incluido el Georeferencing Quick Reference Guide (Wieczorek et al. 2012a) y versiones de la Georeferencing Calculator (Wieczorek & Wieczorek 2018) y su Manual for the Georeferencing Calculator (Wieczorek & Bloom 2015) antes del 2019. La nueva definición de extensión en este documento se mantiene mas en consonancia con el uso común y un mejor entendimiento del término. La definición también ha sido actualizada en la última versión de la Georeferencing Quick Reference Guide (Zermoglio et al. 2020) y el Georeferencing Calculator Manual (Bloom et al. 2020).

geoide

Una superficie global equipotencial que se aproxima al nivel medio del mar. Esta superficie es por

todas partes perpendicular a la fuerza de gravedad (Baja 1997).

geometría

Las medidas y propiedades de puntos, líneas y superficies (polígonos). La geometría se utiliza para representar el componente geográfico de unaubicación.

georreferencia

El proceso (verbo) o producto (sustantivo) de interpretar la descripción de una localidad en una representación espacializable usando un método de georreferenciación. Comparar con [geocodificación]. El uso aquí es distinto del concepto de georreferenciación satelital y de imágenes (conocido como georectificación).

método de georreferenciación

Teoría que incluye un conjunto de reglas, procedimientos generales y resultados esperados, destinados a producir un tipo específico de representación espacial de una localidad. En este documento discutimos en detalle tres métodos particulares de representación espacial, el método de forma geométrica, el método de [cuadro delimitador] y el método radio-punto.

protocolo de georreferenciación

El conjunto de pasos documentados específicos que se pueden aplicar para producir una representación espacial de una localidad, siguiendo uno o más métodos de georeferenciación.

SIG

ver sistema de información geográfica.

Identificador Único Global (GUID)

Identificador único global. Una cadena de caracteres de 128 bits aplicada a una única entidad física o digital para que dicha cadena identifique la entidad y pueda ser usada para referirla. Ver también Persistent Identifier, PID.

GNSS

Sistema Global de Navegación por Satélite. El término genérico para sistemas de navegación satelital que proporcionan una posición geoespacial global de forma autónoma. Este término engloba GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou y otros sistemas regionales.

GPS

Sistema de Posicionamiento Global. Un sistema basado en satélites utilizado para determinar posiciones espaciales sobre la Tierra o cerca de esta. Los satélites orbitacionales transmiten señales de radio que permiten a un receptor calcular su propia ubicación como coordenadas y elevación, y a veces con estimaciones de exactitud. Ver también GNSS del cual el GPS es un ejemplo. Ver también GPS (receptor).

GPS (receptor)

El término coloquial utilizado para referirse tanto al GPS como a los receptores GNSS (incluyendo los de teléfonos inteligentes y cámaras). Un receptor GPS o GNSS es un instrumento que en combinación con una antena incorporada o separada, es capaz de recibir e interpretar señales de radio de los satélites GNSS y traducirlas en coordenadas geográficas.

cuadrícula

red o matriz de líneas ortogonales uniformemente espaciadas que se utilizan para organizar el espacio en particiones. A menudo estos son superpuestos en un mapa y usados como referencia, así como la cuadrícula Universal Transversa de Mercator (UTM).

cota cero

la ubicación en la superficie del terreno, directamente sobre un punto de radiolocación en una cueva donde las líneas de radiación magnética son verticales. Ver Figura 10.

GUID

ver Identificador Único Global.

orientación

Dirección cardinal (de brújula) como este o noroeste, o dada a veces como grados en sentido de las agujas del reloj partiendo desde el norte. Generalmente usado en combinación con un desplazamiento para señalar una dirección y distancia desde una entidad geográfica.

datum de elevación

ver datum vertical.

latitud

La distancia angular de un punto al norte o sur del ecuador.

localidad

La representación verbal de una ubicación, también llamada a veces "descripción de la localidad".

claúsula de la localidad

Parte de una descripción de la localidad que puede ser categorizada en un tipo de localidad al que se puede aplicar un protocolo de georreferenciación específico.

tipo de localidad

Una categoría aplicada a una claúsula de la localidad que determina el protocolo de georreferenciación específico que debe ser utilizado.

ubicación

Un espacio físico que puede posicionarse y orientarse de manera relativa a un punto de referencia y potencialmente descrito en un lenguaje natural en la descripción de la localidad. En la georreferenciación, una ubicación puede tener distintas representaciones basadas en diferentes reglas de interpretación, cada una de las cuales está incorporada en un método de georreferenciación.

longitud

La distancia angular de un punto este o oeste del meridiano cero a una latitud determinada.

declinación magnética

El ángulo en el plano horizontal entre el norte magnético (la dirección hacia el extremo norte al que apunta la aguja de una brújula magnetizada, correspondiente a la dirección de las líneas del campo magnético de la Tierra) y el verdadero norte (la dirección a lo largo de un meridiano hacia el Polo Norte geográfico). Este ángulo varía dependiendo de la posición sobre la superficie de la Tierra y changes sobre el tiempo.

distancia máxima de incertidumbre

El radio en una representación radio-punto de una ubicación, que corresponde a un valor numérico que define el límite superior de la distancia horizontal desde la posición de una coordenada geográfica dada, hasta el punto mas alejado del área geográfica que respresenta la totalidad de la ubicación. Cuando se indica en metros, corresponde al término Darwin Core `coordinateUncertaintyInMeters`.

nivel medio del mar (NMM)

Un datum vertical desde el cual las alturas tales como la elevación se miden normalmente. Los niveles medios del mar tradicionalmente se determinan localmente midiendo el punto medio entre una marea media baja y una marea media alta, en una ubicación particular, promediando un período de cerca de 19 años para cubrir un ciclo de mareas completo. Más recientemente, el NMM es mejor descrito por un geoide.

meridiano

Una línea en la superficie de la tierra donde todas las ubicaciones tienen la misma longitud. Comparar con antimeridiano y meridiano cero.

lugar nombrado

ver [entidad]. Note que "lugar nombrado" fue utilizado en documentos anteriores sobre georreferenciación.

norte

Dentro de un [sistema de de referencia de coordenadas] (e.g. como el proporcionado por un GPS o un un mapa de grillas bajo un sistema de referencia específico), la línea que representa la distancia hacia el norte desde una latitud de referencia.

desplazamiento

El desplazamiento desde una ubicación de referencia. Generalmente utilizado en conjunto con una dirección para dar una distancia y orientación desde una entidad geográfica.

ruta

Ruta o camino entre un lugar y otro. En algunos casos el camino puede cruzarse a si mismo.

identificador persistente (PID)

Una referencia permanente a un documento, archivo, página web u otro objeto. El término "identificador persistente" se utiliza generalmente en el contexto de objetos digitales accesibles a través de Internet. Hay muchas opciones para PIDs, como Identificadores Únicos Globales (GUIDs), Identificadores de Objetos Digitales (DOIs) e Identificadores Únicos Universales (UUIDs).

radio-punto

Representación del componente geográfico de una ubicación a partir de sus coordenadas geográficas y una distancia máxima de incertidumbre. El método de georreferenciación radio-punto produce georreferencias que incluyen coordenadas geográficas bajo un [sistema de coordenadas de referencia] y una distancia máxima de incertidumbre que cubre todas las posibles coordenadas geográficas donde una localidad podría interpretarse que está. Esta representación enmarca toda la incertidumbre dentro de un círculo. El método radio-punto utiliza rangos para representar otros atributos no geográficos de la ubicación (elevación, profundidad, [distancia sobre la surficie]).

precisión

1. La cercanía entre un conjunto repetido de observaciones de la misma cantidad entre sí - una medida de control sobre el error aleatorio.
2. Con valores, describe la mejor unidad de medida utilizada para expresar ese valor (p. ej. si un registro se reporta al segundo más cercano, la precisión es 1/3600 ˆ de un grado; si un grado decimal es reportado a dos decimales, la precisión es 0. 1 de grado).

Antónimo: imprecisión. Comparar con exactitud, error, sesgo, falsa precisión e incertidumbre.

meridiano cero

Conjunto de ubicaciones con longitud designada como 0 grados este y oeste, a partir del cuál se referencian todas las longitudes. El meridiano de Greenwich es reconocido internacionalmente como el meridiano cero para muchos propósitos populares y oficiales.

proyección

Serie de transformaciones que convierten la ubicación de los puntos de un [sistema de coordenadas de referencia] sobre una superficie curvada (la superficie de referencia o datum), en las ubicaciones de dichos puntos a un sistema de referencia de coordenadas plano o proyectado. El datum es una parte integral de la proyección ya que los sistemas de coordenadas proyectados se basan en coordenadas geográficas, que a su vez son referenciadas en un datum geodésico. Es posible, e incluso común, que los conjuntos de datos estén en la misma proyección, pero referenciados a distintos datums geodésicos y, por lo tanto, tengan diferentes valores en sus coordenadas.

calidad

ver calidad de datos.

radio

Distancia desde un punto central (p. ej. el corregido o centro geográfico) dentro de una ubicación al punto más lejano del límite de esa ubicación. Ver también radio geográfico.

repatriar, repatriación

Proceso de retornar algo a la fuente de la que fue extraído. En el sentido de la georreferenciación se refiere al proceso de agregar los resultados de la georreferenciación a los datos originales, especialmente cuando esta fue realizada por un tercero.

reglas de interpretación

Conjunto documentado de pasos a tomar para producir una representación estandarizada de la información fuente.

Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS)

Un sistema crítico para la aviación civil que apoya la corrección regional o de amplia área mediante el uso de satélites geoestacionarios (GEO) que difunden la información aumentada (véase la discusión en la sección [Satellite Based Augmentation System]).

forma geométrica

Sinónimo de footprint. Una representación del componente geográfico de una ubicación a partir de una geometría. El resultado de la aplicación de un método de georreferenciación de formas geométricas incluye una forma geométrica como componente geográfico de la georreferencia, que contiene el conjunto de todas las posibles coordenadas geográficas donde una ubicación podría estar presente. Esta representación engloba toda la incertidumbre geográfica dentro de la geometría resultante. El método de forma geométrica utiliza rangos para representar los atributos no geográficos de la ubicación (elevación, profundidad, distancia sobre la superficie).

círculo mínimo

círculo de menor radio (radio) que contiene todo un conjunto de puntos determinado (o una forma geométrica dada) ubicados sobre una superficie (ver *problema del círculo mínimo*). Este rara vez es el mismo que aquel obtenido a partir del centro geográfico, o del punto medio entre las dos coordenadas geográficas mas distantes de una ubicación.

ajuste espacial

una medida de cuán bien una representación geométrica coincide con otra representación

geométrica a partir de una relación del área mas grande de las dos geometrías respecto al área de la más pequeña. (Ver Figura 14).

sistema de referencia espacial

ver [sistema de coordenadas de referencia].

sección estratigráfica

Afloramiento local o serie de afloramientos adyacentes que muestran una secuencia vertical de estratos en el orden en que fueron depositados.

transecto

Una ruta a lo largo de la cual se hacen observaciones, mediciones o se toman muestras. Los transectos frecuentemente se registran con una ubicación inicial y una ubicación final.

vértice geodésico

Punto de referencia, a menudo ubicado en puntos altos de elevación (cimas de montaña, etc.) y generalmente designado con un marcador fijo en una pequeña estructura piramidal o un pilar. La ubicación exacta se determina mediante estudios de triangulación, por lo tanto, se conoce con los nombres alternativos de "punto trigonométrico", "punto de triangulación" o "punto de referencia".

incertidumbre

Medida de la falta de completitud del conocimiento o información de uno sobre una cantidad desconocida cuyo valor real podría establecerse si se dispusieran de un conocimiento completo y un dispositivo de medición perfecto (Cullen & Frey 1999). Los Métodos de georreferenciación establecen cómo incorporar la incertidumbre desde una variedad de fuentes (incluyendo exactitud y precisión) en la interpretación de la ubicación. Comparar con exactitud, error, sesgo, precisión, y falsa precisión.

Universal Transversa de Mercator (UTM)

Sistema de coordenadas estandarizado basado en un sistema de grillas métrico rectangular y una división de la tierra en 60 zonas longitudinales de 6 grados. El alcance del sistema UTM cubre desde los 84° N hasta 80° S. (Ver [Universal Transverse Mercator (UTM) Coordinates]).

datum vertical

Superficie de referencia para posiciones verticales, como la elevación. Los datums verticales cuentan con varias categorías, incluyendo: de marea, basado en el nivel del mar; gravimétrico, basado en un geoide; geodésico, basado en modelos de elipsoide de la Tierra; o local, basado en una superficie local de referencia. También conocido como datum de altura.

Sistema de Aumentación de Área Amplia (WAAS)

Una ayuda de navegación aérea desarrollada por la Administración Federal de Aviación de Estados Unidos para complementar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con el objetivo de mejorar su exactitud, integridad, y disponibilidad. Ver también Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS), de los cuales WAAS es un ejemplo.

WGS84

Sistema geodésico mundial 1984, un popular y globalmente usado [sistema de referencia de coordenadas geodésico] horizontal (EPSG:4326) en el que se basan las mediciones de los GPS (aunque un receptor GPS es capaz de entregar coordenadas en otros sistemas de referencia). El término también se utiliza comúnmente para el datum geodésico utilizado por ese sistema y para el elipsoide (EPSG:7030) en el que se basa ese datum (EPSG:6326).

Agradecimientos

Muchas personas han aportado ideas a este documento y a sus precursores, directa o indirectamente a través de discusiones en reuniones, publicaciones o en correspondencia por correo electrónico. Le remitimos al documento anterior para aquellos que hemos reconocido allí.

Entre las personas a las que nos gustaría agradecer especialmente en este documento se encuentran Ward Appeltens, Arturo H. Ariño, Lee Belbin, Matt Blissett, David Bloom, David Fichtmüller, Ricardo Ortiz Gallego, Sarah Gilbert, Quentin Groom, Robert Kershaw, Kyle Copas, Dimitris Koureas, Celeste Luna, Arnald Marcer, Paul J. Morris, Deborah Paul, Nelson Rios, Alex Thompson y Paula F. Zermoglio. También queremos agradecer a los miembros del Grupo de Interés en Calidad de Datos del TDWG, al Grupo de Trabajo 2 y al personal de la Secretaría de GBIF, especialmente a Laura Russell, Kyle Copas y Matthew Blissett, que proporcionaron apoyo al proyecto en el que se solicitó este documento. Los miembros de la comunidad Paleo, especialmente Talia Karim y Jessica Bazeley, aportaron valiosos comentarios sobre temas de especial interés para dicha comunidad. Hay que hacerle una mención especial a Alejandro Tablado por "quejarse" en el Taller de Georreferenciación de GBIF en Buenos Aires en 2006 sobre la falta de tratamiento de las consideraciones marinas en la primera versión de la Guía de Buenas Prácticas. La sugerencia fue muy apreciada. Esperamos que el documento actual compense nuestra falta de atención al tema en la versión anterior.

Referencias

- ANBG (2018) Australia's Virtual Herbarium. Australian National Botanic Gardens on behalf of the Committee of Heads of Australian Herbaria. https://www.anbg.gov.au/chah/avh/avh.html
- Apache (2019) Apache SISTM Coordinate Reference System (CRS) codes. https://sis.apache.org/tables/CoordinateReferenceSystems.html
- ASPRS (1990) ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 1989: 1068-1070. http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/1990_jul_1068-1070.pdf
- ASPRS (2014) ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Edition 1, Version 1.0. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/01/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Version100_November2014.pdf
- Australian Hydrographic Office (2020) AHP20. Mariner's Handbook for Australian Waters, 5th edition 2019, updated 10 Jan 2020. http://www.hydro.gov.au/prodserv/publications/AHP20_Edition_5.pdf
- Australian Museum. DIGIVOL. https://volunteer.ala.org.au/
- Azzopardi E & Sayer MD (2012) Estimation of depth and temperature in 47 models of diving compression computer. Underwater Technology 31(1): 3-12. https://doi.org/10.3723/ut.31.003
- Barkwell ME & Murrell ZE (2012) The US Virtual Herbarium: working with individual herbaria to build a natural resource. Zookeys 209: 55-73. https://doi.org/10.3897/zookeys.209.3205
- Biedron EM & Famoso NA (2016) Using GEOLocate for Collaborative Georeferencing. Eugene, Oregon, USA: Museum of Natural and Cultural History, University of Oregon. https://epicc.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/11/UsingGeoLocateforCollaborativeGeoreferencing_2016.pdf
- Bloom DA, Wieczorek JR & Zermoglio PF (2020) Georeferencing Calculator Manual. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.35035/gdwq-3v93
- Braun A (2019) It's Not Just GPS: We Have Six Global Satellite Navigation Systems, And They're

Getting Better. Make Tech Easier. https://www.maketecheasier.com/gps-global-navigation-satellite-systems/

- Brown N, Bollard N, McCubbine J & Featherstone W (2019) Next Generation Height Reference Frame. Part 2/3 User Requirements. Melbourne, Australia: FrontierSI. https://frontiersi.com.au/wp-content/uploads/2019/04/2-of-3-FrontierSI-P1.29-User-Requirements.pdf
- Buecher B (2016) Estimating Cave Radio Horizontal Location Accuracy. Ely, Nevada, USA: National Speleological Society Convention. https://caves.org/section/commelect/drupal/files/Presentations/NSS2016%20Cave%20Radio%20Accuracy.pdf
- Cadman M & González-Talaván A (eds.) (2014) Publishing Camera Trap Data, a Best Practice Guide. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://www.gbif.org/document/1o6HNHuCxKaiAC8yG86gQq
- Chapman AD (2005a) Principles of Data Quality: Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc.jrgg-a190

- Chapman AD (2005a) Principles of Data Quality: Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc.jrgg-a190

- Chapman AD (2005c) Uses of Primary Species-Occurrence Data. Copenhagen: GBIF Secretariat. http://www.gbif.org/document/80545
- Chapman AD (2020) Current Best Practices for Generalizing Sensitive Species Occurrence Data. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc-5jp4-5g10
- Chapman AD & Grafton O (2008) Guide to Best Practices for Generalising Sensitive Species-Occurrence Data, version 1.0. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc-b02j-gt10
- Chapman AD, Muñoz MES & Koch I (2005) Environmental Information: Placing Biodiversity Phenomena in an Ecological and Environmental Context. Biodiversity Informatics 2: 24-41. https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.5
- Chapman AD & Wieczorek J (eds) (2006) Guide to Best Practices for Georeferencing. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/doc-2zpf-zf42
- Chapman AD, Belbin L, Zermoglio PF, Wieczorek JR, Morris PJ, Nicholls M, Rees ER, Veiga AK, Thompson A, Saraiva AM, James S, Gendreau C, Benson A & Schigel D (2020) Developing Standards for Improved Data Quality and for Selecting Fit for Use Biodiversity Data. Biodiversity Information Science and Standards 4: e50889. https://doi.org/10.3897/biss.4.50889
- Chisholm FP (1963) The Chisholm Effect, in Baker RA (ed), A Stress Analysis of a Strapless Evening Gown, and Other Essays for a Scientific Age. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall Inc., pp. 13-42.
- Chrisman NR (1991) The Error Component in Spatial Data, in Maguire DJ, Goodchild MF & Rhind DW (eds), Geographical Information Systems Vol. 1, Principals. London: Longman Scientific and Technical Publishers, pp. 165-174.
- Coastal Navigation (2020) 1.3 The Nautical Chart. CoastalNavigation.com. http://www.coastalnavigation.com/samples/sec_1/1_pages/1_3.htm
- Conn BJ (1999) Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data, version 4. Council of Heads of Australian Herbaria. http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/HISCOM/HISPID/HISPID4/Introduction/hispid4.html
- Cullen AC & Frey HC (1999) Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs. New York: Plenum Press.
- Data.gov.au (2018) Bathymetric Contours - City of Geelong. Australian Government. https://data.gov.au/dataset/ds-dga-92d6201a-826d-499d-9163-69cc37c1b657/details
- Dempsey C (2014) Mapping Ship Logs. GIS Lounge. https://www.gislounge.com/mapping-ship-

logs/

- Dempsey C (2017) Digitizing Errors in GIS. GIS Lounge. https://www.gislounge.com/digitizing-errors-in-gis/
- De Pooter D, Appeltans W, Bailly N, Bristol S, Deneudt K, Eliezer M, Fujioka E, Giorgetti A, Goldstein P, Lewis M, Lipizer M, Mackay K, Marin M, Moncoiffé G, Nikolopoulou S, Provoost P, Rauch S, Roubicek A, Torres C, Putte A van der, Vandepitte L, Vanhoorne B, Vinci M, Wambiji N, Watts D, Salas EK & Hernandez F (2017) Toward a new data standard for combined marine biological and environmental datasets - expanding OBIS beyond species occurrences. Biodiversity Data Journal 5: e10989. https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e10989
- Doty J (2017) Comparing the GPS Accuracy of Three Cameras. https://www.blog.jimdoty.com/?p=14661
- Edey M (n.d.) Mapping Tool Tutorial. Australian Museum. https://volunteer.ala.org.au/data/volunteer/tutorials/Australian%20Museum%20Tutorials_Mapping%20Tool%20Tutorial.pdf
- El-Ashmawy K (2016) Investigation of the Accuracy of Google Earth Elevation Data. Artificial Satellites 51(3): 89-97 https://doi.org/10.1515/arsa-2016-0008
- Ellingson J (2017) NGS is Scheduled to Replace NAVD 88 and NAD 83 in 2022. https://cdn.ymaws.com/www.ispls.org/resource/resmgr/2017_Convention_Handouts/Ellingson_-_Replacing_NAD_83.pdf
- Eos Positioning Systems (2018) Elevation for Beginners: What to Know About GPS Receiver Elevation. https://eos-gnss.com/elevation-for-beginners/
- ESA (2014) SBAS Systems. European Space Agency, Navipedia. https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/SBAS_Systems
- Escobar D, Díaz SR, Jojoa LM, Rudas E & Saavedra J (2015) Georreferenciación de Localidades: una Guía de Referencia para Colecciones Biológicas. Programa de Evaluación y Monitoreo del Estado de la Biodiversidad Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Versión 3.0. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9610
- Escobar D, Jojoa LM, Díaz SR, Rudas E, Albarracín RD, Ramírez C, Gómez JY, López CR, Saavedra J, Ortiz R (2016) Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 144p. http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35180/Georreferenciaci%c3%b3n%20de%20localidades_SiBColombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ESRI (n.d.) GIS Dictionary. https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary/browse/
- FAA (2017) Global Positioning System (GPS), Standard Positioning Service (SPS) Performance Analysis Report. Atlantic City, N.J., United States: William J. Hughes Technical Center. http://www.nstb.tc.faa.gov/reports/PAN96_0117.pdf#page=22
- FAA (2019) Satellite Navigation - WAAS - How it Works. Washington, DC: Federal Aviation Administration. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/howitworks/
- FAA (2020) SBAS Worldwide. Washington, DC: Federal Aviation Administration. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/library/factsheets/media/SBAS_Worldwide_QFact.pdf
- Farr TG, Rosen PA, Caro E, Crippen R, Duren R, Hensley S, Kobrick M, Paller M, Rodriguez E, Roth L, Seal D, Shaffer S, Shimada J, Umland J, Werner M, Oskin M, Burbank D & Alsdorf D (2007) The Shuttle Radar Topography Mission. Reviews of Geophysics 45(2): 1-33. https://doi.org/10.1029/2005RG000183
- FGDC (1998) Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3: National Standards for Spatial

Data Accuracy. FGDC-STD-007.3-1998. Reston, Va., USA. https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/chapter3

- Frazier C, Neville T, Giermakowski JT & Racz G (2004) The INRAM Protocol for Georeferencing Biological Museum Specimen Records, Version 1.3. https://doi.org/10.5281/zenodo.3235003
- GBIF (2019) GBIF Occurrence Download. GBIF.org. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/dl.5pmzev
- GEBCO (2019a) GEBCO One Minute Grid. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_one_minute_grid/
- GEBCO (2019b) General Bathymetric Chart of the Oceans. GEBCO-2019. https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_2019/gebco_2019_info.html
- Geodetic Survey Division (1996) Accuracy Standards for Positioning, Version 1.0: Ottawa, Canada: Natural Resources Canada. ftp://glonass-center.ru/REPORTS/OLD/NRCAN/Accuracy_Standards.pdf
- GEOLocate (2018) Collaborative Georeferencing. http://www.geo-locate.org/community/default.html
- Geomatic Solutions (2018) Georepository. Version 9.0.0.0062. https://georepository.com/
- Geoscience Australia (2005) NATMAP Raster Premium. 1:250 000 scale topographic maps of Australia. [DVD] Canberra, Australia: Geoscience Australia.
- Geoscience Australia (2007) Geoscience Australia Topographic Data and Map Specifications for TOPO250K & TOPO100K & NTMS Series 1:250 000 and 1:100 000 Scale Topographic Map Products. Version 5.0. http://www.ga.gov.au/mapspecs/topographic/v5/index.html
- Geoscience Australia (2018) Digital Elevation Model (DEM) of Australia derived from LiDAR 5 Metre Grid. https://ecat.ga.gov.au/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/89644
- Geoscience Australia (2019a) Positioning Australia. https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/positioning-australia
- Geoscience Australia (2019b) Map Grid of Australia 2020. 2019 edition. https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/datums-projections/grid2020
- Gibson D (1996) How accurate is radio-location? Cave and Karst Science 23(2): 77-80. http://hdl.handle.net/10871/19788
- Gibson D (2002) Radiolocation for Cave Surveying. http://site2.caves.org.uk/radio/radioloc_for_cave.html
- GISGeography (2019a). GPS Accuracy: HDOP, PDOP, GDOP, Multipath and the Atmosphere. Updated 21 Dec 2019. https://gisgeography.com/gps-accuracy-hdop-pdop-gdop-multipath
- GISGeography (2019b). The Geoid - Hypothetical Mean Sea Level GisGeography. Updated 25 Apr 2019. https://gisgeography.com/geoid-mean-sea-level/
- Goldsheider N & Drew D, eds. (2014) Methods in Karst Hydrogeology. IAH: International Contributions to Hydrogeology, 26. London: Taylor & Francis Group.
- Goulet CM (2001) Magnetic Declinations. Frequently Asked Questions. Version 4.4. http://www.rescuedynamics.ca/articles/MagDecFAQ.htm
- GPS.gov (2017) GPS Accuracy. Updated 5 Dec 2017. https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/
- GPS.gov (2018) Selective Availability. Updated 27 Sep 2018. https://www.gps.gov/systems/gps/modernization/sa/
- Grant S, Jones J, Webbink K & Zschernitz R (2018) Repatriation of Augmented Information to an Institutional Database. Biodiversity Information Science and Standards 2: e26479. https://doi.org/

10.3897/biss.2.26479

- Gries C, Gilbert EE & Franz NM (2014) Symbiota - a virtual platform for creating voucher-based biodiversity information communities. Biodiversity Data Journal 2: e1114. https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e1114
- Guan L (2019) Government ups the ante on securing Australia with satellites. CIO. https://www.cio.com.au/article/661250/government-ups-ante-securing-australia-satellite-system/
- Guo Q, Liu Y & Wieczorek JR (2008) Georeferencing locality descriptions and computing associated uncertainty using a probabilistic approach. International Journal of Geographical Information Science 22: 1067-1090. https://doi.org/10.1080/13658810701851420
- Guralnick R, Wieczorek J, Beaman R, Hijmans RJ and the Biogeomancer Working Group (2006) BioGeomancer: Automated Georeferencing to Map the World's Biodiversity Data. PLoS Biology 4(11): e381. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040381
- Guralnick R & Constable H (2010) VertNet: Creating a Data Sharing Community. Bioscience 60(4): 258-259. https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.4.2
- Hardy P & Field K (2012) Portrayal and Cartography. In Kresse W, Danko D, eds., Springer Handbook of Geographic Information. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_11
- Harrison JA, Allan DG, Underhill LG, Herremans M, Tree AJ, Parker V & Brown CJ (1997) The Atlas of Southern African Birds (2 vols). Johannesburg: Birdlife South Africa.
- Helbich M, Amelunxen C, Neis P & Zipf A (2012) Comparative Spatial Analysis of Positional Accuracy of OpenStreetMap and Proprietary Geodata. In Proceedings of the Geoinformatics Forum, Salzburg, Austria. https://www.researchgate.net/publication/267857078_Comparative_Spatial_Analysis_of_Positional_Accuracy_of_OpenStreetMap_and_Proprietary_Geodata
- Herries D (2012) GPS Accuracy Estimate (EPE) What is It?. Interpine Innovation. https://interpine.nz/gps-accuracy-estimate-epe-what-is-it/
- Hijmans RJ, Guarino L & Mathur P (2012) DIVA-GIS: A geographic information system for the analysis of biodiversity data. Version 7.5. http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS_manual_7.pdf
- Iland D, Irish A, Madhow U & Sandler B (2018) Rethinking GPS: Engineering Next-Gen at Uber. Uber Engineering. https://eng.uber.com/rethinking-gps/
- IOGP (2019) About the EPSG Dataset. http://www.epsg.org/
- ISO (2016) ISO/IEC 13249-3:2016 Information Technology - Database Languages - SQL multimedia and application packages - Part 3:Spatial. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/60343.html
- ISO (2019) ISO 8601-1:2019 Date and time — Representations for information interchange — Part 1: Basic rules. https://www.iso.org/standard/70907.html
- Juran JM (1964) Managerial Breakthrough. New York: McGraw-Hill.
- Juran JM (1995) Managerial Breakthrough. New York: McGraw-Hill. Revised 2nd edition.
- Kaplan ED & Hegarty CJ, eds. (2006) Understanding GPS: principles and applications. 2nd edition. Boston: Artech House.
- Kemp KK (2008) Encyclopedia of Geographic Information Science. Los Angeles: Sage Publications. https://doi.org/10.4135/9781412953962
- Larsen R (2012) Always is always somewhere… http://www.mindland.com/wp/qdgc-quarter-degree-grid-cells-revisited/
- Larsen R, Holmern T, Prager SD, Maliti H, Røskaft E 2009. Using the extended quarter degree grid

system to unify mapping and sharing of biodiversity data. *African Journal of Ecology* 47(3): 382-392. *https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2008.00997.x*.

- Leick A (1995) GPS Satellite Surveying. 2nd Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Lemoine FG, Kenyon SC, Factor JK, Trimmer RG, Pavlis NK, Chinn DS, Cox CM, Klosko SM, Luthcke SB, Torrence MH, Wang YM, Williamson RG, Pavlis EC, Rapp RH & Olson TR (1998) The NASA GSFC and NIMA Joint Geopotential Model. Greenbelt, Md., USA: NASA Goddard Space Flight Center. http://cddis.nasa.gov/926/egm96/egm96.html
- Liu Y, Guo Q, Wieczorek JR & Goodchild MF (2009) Positioning localities based on spatial assertions. International Journal of Geographical Informational Science 23(11): 1471-1501. https://doi.org/10.1080/13658810802247114
- Loweth RP (1997) Manual of Offshore Surveying for Geoscientists and Engineers. Berlin: Springer Science and Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5826-8
- Maptiler (2019) EPSG.io. Coordinate Systems Worldwide. http://epsg.io/
- Matoušek J, Sharir M & Welzl E (1996) A subexponential bound for linear programming. Algorithmica 16 (4–5): 498–516. https://doi.org/10.1007/BF01940877
- McCubbine J, Brown N, Featherstone W, Filmer M & Gowans N (2019) Next Generation Height Reference Frame. 3/3 Technical Requirements. FrontierSI. https://frontiersi.com.au/wp-content/uploads/2019/05/3-of-3-FrontierSI-P1.29-Technical-Requirements.pdf
- McElroy S, Robins I, Jones G & Kinlyside D (2007) Exploring GPS, A GPS Users Guide: 2nd edition. Sydney, Australia: NSW Department of Lands. https://www.spatial.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0019/70345/Exploring_GPS.pdf
- Mesibov R (2012) Known unknowns, Google Earth, plate tectonics and Mt Bellenden Ker: some thoughts on locality data. ZooKeys 247: 61-67. https://doi.org/10.3897/zookeys.247.4195
- Meyer D (2011) ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results. https://ssl.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf
- Moore SK (2017) Superaccurate GPS Chips Coming to Smartphones in 2018. IEEE Spectrum. https://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/design/superaccurate-gps-chips-coming-to-smartphones-in-2018
- Morton A (2006) UTM Grid Zones of the World. Digital Mapping Software (DMAP). http://www.dmap.co.uk/utmworld.htm
- Mouratidis A & Ampatzidis D (2019) European Digital Elevation Model Validation against Extensive Global Navigation Satellite Systems Data and Comparison with SRTM DEM and ASTER GDEM in Central Macedonia (Greece). ISPRS International Journal of Geo-Information 8(3): 108. https://doi.org/10.3390/ijgi8030108
- Mukherjee S, Joshi PK, Mukherjee S, Ghosh A, Garg RD & Mukhopadhyay A (2013) Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21: 205-217. https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.004
- Murphy PC, Guralnick RP, Glaubitz R, Neufeld D & Ryan JA (2004) Georeferencing of museum collections: A review of problems and automated tools, and the methodology developed by the Mountain and Plains Spatio-Temporal Database-Informatics Initiative (MaPSTeDI). PhyloInformatics 3:1-29. https://doi.org/10.5281/zenodo.59792
- Museum of Vertebrate Zoology (2006) MVZ Guide for Recording Localities in Field Notes. Berkeley, Calif., USA: University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology. https://mvzhandbook.berkeley.edu/curatorial/tutorials-training/localities-events
- National Geodetic Survey (2018) New Datums: Replacing NAVD 88 and NAD 83. https://www.ngs.noaa.gov/datums/newdatums/index.shtml

- NCEI (2020) Bathymetric Data Viewer. National Centers for Environmental Information. NOAA. Version 2.19.0. https://www.ngdc.noaa.gov/maps/bathymetry/
- Neish P, Richardson BP & Whitbread G (2007) HISPID 5. Council of Heads of Australian Herbaria. https://github.com/hiscom/hispid5
- Nelson G, Sweeney P & Gilbert S (2018) Use of globally unique identifiers (GUIDs) to link herbarium specimen records to physical specimens. Applications in Plant Sciences 6(2): e1027. https://doi.org/10.1002%2Faps3.1027
- Niedzwiedz G & Schories D (2013) New advances in diver-towed underwater GPS receivers. In Hsueh Y-H, ed., Global Positioning Systems. Signal Structure, Applications and Sources of Error and Biases. New York: Nova Publishers.
- NLWRA (2008) Natural Resources Information Management Toolkit. Version 2.0. In Promoting Best Practice in Spatial Data and Information Management. Canberra, Australia: National Land and Water Resources Australia. http://lwa.gov.au/national-land-and-water-resources-audit/natural-resources-information-management-toolkit
- NOAA (n.d.a) Wandering of the Geomagnetic poles. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/GeomagneticPoles.shtml
- NOAA (n.d.b) Magnetic Field Calculators. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml
- NOAA (2016) How accurate are nautical charts? News and Updates 8 April 2016 by NOAA Office of Coast Survey. https://www.nauticalcharts.noaa.gov/updates/how-accurate-are-nautical-charts/
- NOAA (2018) International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS). ICOADS Data and Documentation. http://icoads.noaa.gov/products.html
- NOAA (2019) World Magnetic Model. https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/
- NOAA/NCEI (2019) GEBCO_2019 Bathymetric Contours (NOAA NCEI Visualization). https://noaa.maps.arcgis.com/home/item.html?id=a751dd63f6c744e8bb7d6203266166d8
- NOAA/NCIE & CIRES (2019) US/UK World Magnetic Model. Epoch 2020.0. Main Field Declination (D). https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/data/WMM2020/WMM2020_D_BoZ_MILL.pdf
- NOT Engineers (2019) Underground radiolocation. NOT Engineers - engineers in speleology. http://www.not-engineers.fr/Underground-radiolocation.html
- Novaczek E, Devillers R & Edinger E (2019) Generating higher resolution regional seafloor maps from crowd-sourced bathymetry. PLoS ONE 14(6): e0216792. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216792
- Novatel (2015) An Introduction to GNSS. GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, and other Global Navigation Satellite Systems. 2nd edition. Alberta, Canada: Novatel Inc. https://novatel.com/support/knowledge-and-learning/gnss-book
- OBIS (n.d.) Darwin Core, in OBIS Manual. https://obis.org/manual/darwincore/
- OGC (2019) OGC Standards. Office of the Geospatial Consortium. http://www.opengeospatial.org/specs/?page=recommendation
- Page RDM (2009) bioGUID: Resolving, discovering, and minting identifiers for biodiversity informatics. BMC Bioinformatics 10(Suppl 14): S5. https://doi.org/10.1186/1471-2105-10-S14-S5
- Paredes-Hernández CU, Salinas-Castillo WE, Guevara-Cortina F & Martínez-Becerra X (2013) Horizontal positional accuracy of Google Earth's imagery over rural areas: a study case in Tamaulipas, Mexico. Boletim de Ciências Geodésicas 19(4): 588-601. https://doi.org/10.1590/S1982-21702013000400005
- Paul D (2018). Georeferencing Overview. iDigBio. https://www.idigbio.org/wiki/images/a/ac/

GeoreferencingChoices_Bristol.pdf

- Pirazzi G, Mazzoni A, Biagi L & Crespi M (2017) Preliminary Performance Analysis with a GPS+Galileo Enabled Chipset Embedded in a Smartphone. Proceedings of the 30th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2017), Portland, Oregon: 101-115. https://doi.org/10.33012/2017.15260
- Potere D (2008) Horizontal positional accuracy of Google Earth's high-resolution imagery archive. Sensors 8: 7973-7981. https://doi.org/10.3390/s8127973
- Prince M (2020) Accuracy and Reliability of Charts. Fact Sheet A411302. Australian Hydrographic Office. http://www.hydro.gov.au/prodserv/important-info/accuracy_and_reliability_of_charts.pdf
- Raes N, Mols J, Willemse L & Smets EF (2009) Georeferencing specimens by combining digitized maps with SRTM digital elevation data and satellite images: a Bornean case study. Blumea 54: 162–165 https://doi.org/10.3767/000651909X475950
- Ragheb AE & Ragab AF (2015) Enhancement of Google Earth Positional Accuracy. International Journal of Engineering Research & Technology: 4(1): 627–630. https://pdfs.semanticscholar.org/3826/442bd5d9ceaf8f22e4a401a72eea090b8798.pdf
- Rees T (2019) Interim Register of Marine and Nonmarine Genera (IRMNG). http://www.irmng.org
- Richards K (2010) TDWG GUID applicability statement. Version 2010-09. http://www.tdwg.org/standards/150
- Richards K, White R, Nicolson N & Pyle R (2011) Beginners' guide to persistent identifiers. Version 1.0. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.35035/mjgq-d052
- Rios N (2019) GEOLocate - Software for Georeferencing Natural History Data. [Web application software]. http://www.geo-locate.org/
- Reock EC Jr (1961) A Note: Measuring Compactness as a Requirement of Legislative Apportionment. Midwest Journal of Political Science 5(1): 70-74 https://doi.org/10.2307/2109043
- Robertson MP, Visser V & Hui C (2016) Biogeo: An R package for assessing and improving data quality of occurrence record datasets. Ecography 39: 394-401. https://doi.org/10.1111/ecog.02118
- SANBI (2016) Report of the National Sensitive Species List Workshop 18 and 19 August 2016. Cape Town, South Africa: South African National Biodiversity Institute. http://biodiversityadvisor.sanbi.org/wp-content/uploads/2017/06/20160819-NSSL-Workshop-Report.pdf
- Schories D & Niedzwiedz G (2012) Precision, accuracy, and application of diver-towed underwater GPS receivers. Environmental Monitoring and Assessment 184: 2359-2372. https://doi.org/10.1007/s10661-011-2122-7
- Skone S, Yousuf R & Coster A (2004) Combating the Perfect Storm. Improving Marine Differential GPS Accuracy with a Wide Area Network. GPS World. http://www2.unb.ca/gge/Resources/gpsworld.october04.pdf
- Skone S & Yousuf R (2007) Performance of satellite-based navigation for marine users during ionosphere disturbances. Space Weather 5: S01006 https://doi.org/10.1029/2006SW000246
- Snyder J (1987) Map Projections – A Working Manual. U.S. Geological Survey Professional Paper 1395. Washington, DC: United States Government Printing Office. https://doi.org/10.3133/pp1395
- Sogade J, Vichabian Y, Reppert PM, Coles D & Morgan FD (2004) Electronic Cave-to-Surface Mapping System. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 42(4): 754-763. https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.819882
- Stein B & Wieczorek J (2004) Mammals of the World: MaNIS as an example of data integration in a distributed network environment. Journal of Biodiversity Informatics 1: 14–22. https://doi.org/

10.17161/bi.v1i0.7

- Tan A, Alomari A & Schamschula M (2016) Land-water distribution and the pear-shape of the Earth. International Journal of Oceans & Oceanography 10(2): 123-132. https://www.ripublication.com/ijoo16/ijoov10n2_04.pdf
- Taylor C (2003) Geographic/UTM Coordinate Converter. http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html
- TDWG (2018) Darwin Core quick reference guide. Biodiversity Information Standards (TDWG). https://dwc.tdwg.org/terms
- Tomaštik J Jnr, Tomaštik J, Saloň Š & Piroh R (2017) Horizontal Accuracy and Applicability of Smart Phone GNSS in Forests. Forests 90(2): 187-198. https://doi.org/10.1093/forestry/cpw031
- Topozone (1999) Free USGS Topo Maps for the Entire United States. https://www.topozone.com/
- UNAVCO (2020) Geoid Height Calculator. https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/geoid-height-calculator/geoid-height-calculator.html
- US Department of Defense & GPS Navstar (2008) Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard. 4th editon. https://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf
- USGS (1999) Map Accuracy Standards. USGS Fact Sheet 171-99. https://pubs.usgs.gov/fs/1999/0171/report.pdf
- USGS (2017) USGS Global Positioning Application and Practice. https://water.usgs.gov/osw/gps/
- Van Sickle J (2015) GPS for Land Surveyors. 4th edition. New York: CRC Press, Inc.
- Vincenty T (1975) Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with application of nested equations. Survey Review 23(176): 88–93. https://doi.org/10.1179/sre.1975.23.176.88
- Vincenty T 1976. Correspondence: solutions of geodesics. Survey Review23 (180): 294.
- VLIZ (2019) Marineregions.org. Flanders Marine Institute Platform for Marine Research. https://marineregions.org/
- Wang Y, Zou Y, Henrickson K, Wang Y, Tang J & Park B-J (2017) Google Earth elevation data extraction and accuracy assessment for transportation applications. PLoS ONE 12(4): e0175756. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175756
- Wheeler TA, Huber JT & Currie DC (2001) Label Data Standards for Terrestrial Arthropods. Document Series No. 8. Ottawa, Ontario, Canada: Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods). http://www.biology.ualberta.ca/bsc/briefs/brlabelstandards.htm
- Wieczorek C & Wieczorek J (2018) Georeferencing Calculator. Version 2018-06-20. Berkeley, Calif., USA: University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology. Available: https://github.com/VertNet/georefcalculator/releases/tag/v20180620
- Wieczorek C & Wieczorek J (2020) Georeferencing Calculator. Version 2020-01-31. Rauthiflor LLC. http://georeferencing.org/georefcalculator/gc.html
- Wieczorek J (2001) MaNIS/HerpNET/ORNIS Georeferencing Guidelines. Berkeley, California, USA: University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology. http://georeferencing.org/georefcalculator/docs/GorefGuide.html
- Wieczorek J (2019) Global estimates of worst-case datum shifts from WGS84. Rauthiflor LLC. https://github.com/VertNet/georefcalculator/blob/master/source/python/datumshiftproj.py
- Wieczorek J & Beaman R (2002) Georeferencing: Collaboration and Automation. MaNIS. http://georeferencing.org/manis/GorefCollaboration021021.ppt
- Wieczorek J & Bloom DA (2015) Manual for the Georeferencing Calculator. Berkeley, California, USA: University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology. http://georeferencing.org/

gci2/docs/GeoreferencingCalculatorManualv2.html

- Wieczorek J, Bloom D, Constable H, Fang J, Koo M, Spencer C & Yamamoto K (2012a) Georeferencing Quick Reference Guide. Version 2012-10-08. http://georeferencing.org/docs/GeoreferencingQuickGuide.pdf
- Wieczorek J, Bloom D, Guralnick R, Blum S, Döring M, Giovanni R, Robertson T & Vieglais D (2012b) Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. PLoS ONE 7(1): e29715. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715
- Wieczorek J, Guo Q & Hijmans R (2004) The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty. International Journal of Geographical Information Science. 18: 745-767. https://doi.org/10.1080/13658810412331280211
- Wilkinson M, Dumontier M, Aalbersberg I, Appleton G, Axton M, Baak A, Blomberg N, Boiten J-W, da Silva Santos LB, Bourne PE, Bouwman J, Brookes AJ, Clark T, Crosas M, Dillo I, Dumon O, Edmunds S, Evelo CT, Finkers R, Gonzalez-Beltran A, Gray AJG, Groth P, Goble C, Grethe JS, Heringa J, 't Hoen PAC, Hooft R, Kuhn T, Kok R, Kok J, Lusher SJ, Martone ME, Mons A, Packer AL, Persson B, Rocca-Serra P, Roos M, van Schaik R, Sansone S-A, Schultes E, Sengstag T, Slater T, Strawn G, Swertz MA, Thompson M, van der Lei J, van Mulligen E, Velterop J, Waagmeester A, Wittenburg P, Wolstencroft K, Zhao J & Mons B (2016) The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data 3: 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18
- Wolf A-C, Snaith H, Amirebrahimi S, Devey CW, Dorschel B, Ferrini V, Huvenne VAI, Jakobsson M, Jencks J, Johnston G, Lamarche G, Mayer L, Millar D, Pedersen TH, Picard K, Reitz A, Schmitt T, Visbeck M, Weatherall P, Wigley R (2019) Seafloor Mapping - The Challenge of a Truly Global Bathymetry. Frontiers in Marine Science 6: 283. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00283
- World Ocean Review (2010) Living with the Oceans: A Report on the state of the world's oceans. Chapter 3: Coasts. https://worldoceanreview.com/en/wor-1/coasts/altering-the-coasts
- WoRMS (2019) WoRMS - World Register of Marine Species. http://www.marinespecies.org/users.php
- Yost M (2015) Georeferencing: the Polygon Method. iDigBio. https://www.idigbio.org/content/georeferencing-polygon-method
- Yost M (n.d.) Georeferencing: the Polygon Method. Macrofungi Collection Consortium (MaCC). https://www.idigbio.org/sites/default/files/working-groups/gwg/GeoreferencingBlogPolygons_FINAL-1.pdf
- Young HP (1988) Measuring the Compactness of Legislative Districts. Legislative Studies Quarterly 13(1): 105-115. https://doi.org/10.2307/439947
- Zermoglio PF, Chapman AD, Wieczorek JR, Luna MC & Bloom DA (2020). Georeferencing Quick Reference Guide. Copenhagen: GBIF Secretariat. https://doi.org/10.35035/e09p-h128
- Zizka A, Silvestro D, Andermann T, Azevedo J, Ritter CD, Edler D, Farooq H, Herdean A, Ariza M, Sharn R, Svantesson S, Wengstrȍm N, Zizka V & Antonelli A (2019) CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. Methods in Ecology and Evolution 10(5): 744-751. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152
- Zooniverse (n.d.) Notes from Nature. https://www.zooniverse.org/organizations/md68135/notes-from-nature