# CIENCIA CIUDADANA



# Garantía de calidad y documentación

"Nunca se debe dudar que un pequeño grupo de reflexivos y comprometidos pueden cambiar el mundo; la verdad es que es lo único que alguna vez lo ha cambiado."

-Margaret Mead





EPA 206-B-18-001

https://go.usa.gov/xEw43

# Manual de garantía de calidad y documentación de ciencia ciudadana

Marzo 2019

Exención de responsabilidad: La EPA distribuye esta información exclusivamente como un servicio público. La inclusión de compañías y sus productos en este documento no constituye ni implica una aprobación o recomendación de la EPA. La EPA retiene la exclusiva discreción en cuanto a la medida en que utilizará datos o información producida o resultante del uso de este documento.

Este documento no define, ni limita de otro modo, el propósito para el cual los científicos ciudadanos puedan procurar aplicar sus datos o información.

#### **Patrocinadores**

Mike Flynn Ex administrador interino en funciones de la EPA (retirado)

Steven Fine Ex subadministrador interino principal, Oficina de información Ambiental de la EPA

Deb Szaro Administradora regional interina, Región 1 de la EPA

Jay Benforado Funcionario jefe de innovación, Oficina del Equipo de Investigación e Innovación para el Desarrollo de la EPA

Colaboradores

Linda D. Adams Oficina de Investigación y Desarrollo de la EPA, Laboratorio Nacional de Salud e

Investigación de Efectos Ambientales

Daniel Bator Asociación de Escuelas y Programas de Salud Pública (ASPPH) becario de salud ambiental, auspiciado

por la Oficina de Investigación y Desarrollo de la EPA

Emily Bender Oficina del Administrador Regional, Región 1 de la EPA

Kristen Benedict Oficina de Aire y Radiación, Oficina de Planificación y Estándares de Calidad del Aire

Nora Conlon Oficina de Mediciones y Evaluación Ambiental, Región 1 de la EPA

Holly Ferguson Oficina de Investigación y Desarrollo, Laboratorio Nacional de Salud e Investigación de Efectos

Ambientales de la EPA

Rachael Graham División de Ciencia y Evaluación Ambiental, Región 2 de la EPA

Michelle Henderson Oficina Investigación y Desarrollo, Laboratorio Nacional de Investigación de Exposición de la EPA

Bryan Hogan Oficina de Mediciones y Evaluación Ambiental, Región 1 de la EPA

Vincia Holloman Oficina de Información Ambiental, Oficina de Programas de Información Empresarial de la EPA

Matthew Liebman Oficina de Protección de Ecosistemas, Región 1 de la EPA
Linda Mauel División de Ciencia y Evaluación Ambiental, Región 2 de la EPA

Jenia McBrian Oficina de Aire y Radiación, Oficina de Planificación y Estándares de Calidad del Aire de la EPA
Ethan McMahon Oficina de Información Ambiental, Oficina de Servicios Digitales y Arquitectura Tecnológica de la EPA

Alison Parker Becaria del Instituto Oak Ridge para la Ciencia y la Educación (ORISE), auspiciado por la Oficina de

Investigación y Desarrollo de la EPA

Liz Pucci Oficina de Administración y Gestión de Recursos, Región 1 de la EPA

Patricia Sheridan División de Ciencia y Evaluación Ambiental, Región 2 de la EPA

John Smaldone Oficina de Mediciones y Evaluación Ambiental, Región 1 de la EPA

Joanne Virgille Oficina de Información Ambiental, Oficina de Defensoría del Cliente, Políticas y Gestión de

Cartera de la EPA

John Warren Oficina de Información Ambiental de la EPA (retirado)

Nota para el lector	4
Introducción	5
Cómo usar este documento	6
Instrucciones para las plantillas de garantía de calidad y documentación de	
ciencia ciudadana	
Plantilla correspondiente #1: Título y página del preparador	
Plantilla correspondiente #2: Índice	
Plantilla correspondiente #3: Definición del problema, antecedentes y descripción del proyecto	
A. Definición del problema	
B. Antecedentes	
C. Descripción del proyecto	14
Plantilla correspondiente #4: Objetivos e indicadores de calidad de datos	15
A. Objetivos de calidad de datos	15
B. Indicadores de calidad de datos	16
Plantilla correspondiente #5: Calendario del proyecto	17
Plantilla correspondiente #6: Capacitación y experiencia especializada	17
Plantilla correspondiente #7: Documentos y registros	17
Plantilla correspondiente #8: Datos existentes y datos de otras fuentes	
Plantilla correspondiente #9: Diseño del muestreo y métodos de recolección de datos	
A. Diseño del muestreo	18
B. Métodos de recolección de datos	
Plantilla correspondiente #10: Manejo y custodia del muestreo	
Plantilla correspondiente #11: Lista de equipo, mantenimiento de instrumentos, pruebas, inspección y calibración	
Plantilla correspondiente #12: Métodos analíticos	
Plantilla correspondiente #13: Resumen de control de calidad de campo y del laboratorio analítico	
Plantilla correspondiente #14: Gestión de datos	
Plantilla correspondiente #15: Informes, supervisión y evaluaciones	
Plantilla correspondiente #16: Evaluación de datos y utilizabilidad	
Plantilla correspondiente #17: Organización del proyecto	
Plantilla correspondiente #18: Organización del proyecto	
Definiciones	
Referencias	23 30

#### Nota para el lector

#### Estimado científico ciudadano:

Agradecemos su interés en este documento. Probablemente tiene curiosidad acerca de la naturaleza o preocupaciones acerca de las amenazas para su salud (tales como la contaminación del aire) o para el medioambiente (tales como los brotes de algas en un lago cercano). Usted forma parte de un grupo creciente de científicos ciudadanos que recolectan datos y los reportan al público o a las agencias de gobierno. Gracias a las nuevas tecnologías, resulta más fácil que nunca recolectar, analizar y reportar datos ambientales. Los nuevos sensores y *smartphones* (teléfonos inteligentes) hacen que la investigación científica o el monitoreo ambiental sean actividades divertidas e interesantes. Sin embargo, a veces, la calidad y utilidad de los datos que usted genere pueden ser objetadas. Para tener más confianza en sus resultados, debe formularse primero algunas preguntas como: ¿Son sus puntos de muestreo representativos del área de estudio? ¿Piensa que otro voluntario puede replicar la manera en que usted recolectó los datos?

Al aplicar los conceptos presentados en este manual, usted da un paso importante en la planificación de un proyecto exitoso. Un Plan de Proyecto de Garantía de Calidad, o QAPP, por sus siglas en inglés, es una herramienta que han usado durante décadas los científicos en las agencias de gobierno, instituciones académicas, organizaciones de investigación y otros. Aunque un QAPP parece ser una sigla intimidatoria, ¡no se alarme! La mayor parte de la información contenida en este manual es sentido común. Puede estar ya haciendo algunas de las actividades de garantía de calidad que se incluyen aquí y no toda la información de este documento puede corresponder a su proyecto específico. Sin embargo, esperamos que, al documentar las actividades de garantía de calidad para sus proyectos ambientales, usted confiará más en los resultados al presentarlos en una reunión pública, en un informe anual o en una reunión con agencias de gobierno.

¡Buena suerte!

#### Introducción

Con el advenimiento de nuevas tecnologías para monitoreo ambiental y herramientas para compartir información, los ciudadanos están cada vez más comprometidos con la recolección de datos ambientales, y muchas agencias ambientales utilizan estos datos. Sin embargo, una dificultad importante es que las agencias federales, estatales, tribales y locales a veces son escépticas en cuanto a la calidad de los datos recogidos por organizaciones de ciencia ciudadana. Una de las claves para superar este obstáculo es contar con un Plan de Proyecto de Garantía de Calidad (QAPP).

¿Qué es un Plan de Proyecto de Garantía de Calidad? Un QAPP es un documento que explica cómo las organizaciones garantizan, utilizando actividades de garantía de calidad y control de calidad, que los datos que recojan puedan usarse para su propósito destinado. Al escribir y aplicar un QAPP, una organización crea procedimientos de calidad de datos en el proyecto desde el principio y tendrá más confianza en que los datos satisfarán las necesidades específicas del proyecto. Es importante que los interesados en el proyecto o las agencias que toman decisiones basándose en los datos y la información del proyecto, tengan un mejor entendimiento de la calidad de los datos subyacentes.

Audiencia: La ciencia ciudadana se ha definido de la siguiente manera: "cuando el público participa voluntariamente en el proceso científico, abordando problemas de la vida real en maneras que pueden incluir formular preguntas de investigación, efectuar experimentos científicos, recolectar y analizar datos e interpretar resultados" (NACEPT, 2016). Este Manual está orientado a <u>organizaciones que comienzan o desarrollan un proyecto de ciencia ciudadana</u>, y donde la transparencia en los métodos científicos destinados a reunir datos es fundamental para los resultados del proyecto. Entre los ejemplos de ciencia ciudadana cabe mencionar: organizaciones que recogen datos de calidad del agua para reportar a una agencia estatal; programas que reúnen datos de sensores de aire para publicar en línea; o grupos que documentan la presencia de especies invasivas. Hay información detallada en este Manual y en las Plantillas acompañantes que las organizaciones más establecidas encontrarán de utilidad.

**Propósito:** El Manual tiene dos documentos acompañantes, <u>Plantillas para el aseguramiento de la calidad y documentación de ciencia ciudadana</u>" y "<u>Compendio de ejemplos</u>". Estos documentos aportan herramientas y procedimientos para ayudar a las organizaciones de ciencia ciudadana a documentar debidamente la calidad de los datos. Al hacer esto, este Manual tiene la intención de comunicar las expectativas comunes para el aseguramiento de la calidad y la documentación; así como las prácticas óptimas de gestión a fin de contar con iguales condiciones para todas las organizaciones que capacitan y utilizan voluntarios en la recolección de datos ambientales.

Antecedentes: El Manual y los documentos acompañantes se derivan de un documento anterior de la EPA, el Plan de Proyectos de Garantía de Calidad en Ciencia Ciudadana originalmente desarrollado para proyectos de agua por la Región 2 de la EPA (EPA, 2013). El alcance de ese documento se ha ampliado aquí para expandir su uso en otros medios, como el aire. Este Manual también contiene elementos de la Política Uniforme Federal para Planes de Proyectos de Garantía de Calidad (IDQTF, 2012), y de un estándar nacional de consenso (ASQ/ANSI, 2014). Además, incluimos estrategias empleadas por programas de científicos ciudadanos para aumentar la credibilidad de sus datos de monitoreo (EPA, 1996, Freitag y colegas, 2016, y Williams y colegas, 2015).

**Aplicabilidad:** El Manual y los documentos acompañantes corresponden a la recolección y el uso de datos ambientales para tres categorías amplias de proyectos de ciencia ciudadana: aumentar el entendimiento del público; investigaciones y estudios científicos; además de acción en aspectos legales y de políticas.

Este documento no está destinado a proyectos financiados por la EPA. Si hay financiamiento de la EPA, se exige la documentación de garantía de calidad (QA, por sus siglas en inglés) conforme a las regulaciones federales (por ejemplo, 2 CFR 1500.11 para subvenciones y 48 CFR 46.202 para contratos). Debe completarse la documentación de QA y aprobarse antes de efectuar actividades de recolección de datos. Deben consultarse las Directivas de calidad de la EPA (provistas en las referencias) para la documentación de QA.

Los datos usados en la toma de decisiones reglamentarias y de políticas y en el establecimiento de estándares a menudo debe recolectarse usando métodos aprobados, los cuales pueden incluir pruebas de aceptación para demostrar la equivalencia con estos métodos. Debe(n) consultarse la(s) Parte(s) correspondientes del Título 40, Protección del medioambiente, del Código de Regulaciones Federales (CFR) para asegurar que el estudio reúne los requisitos de muestreo, determinación de sitios, garantía de calidad y todos los otros requisitos.

#### Cómo usar este documento

Este Manual debe utilizarse junto con los dos documentos acompañantes – las Plantillas y el Compendio de Ejemplos. Este Manual explica el <u>propósito</u> de cada una de las plantillas. Las Plantillas aportan instrucciones, tablas y preguntas que deben completarse o contestarse, y el Compendio proporciona ejemplos específicos de la documentación de garantía de calidad. En conjunto, estos documentos ayudarán a las organizaciones a completar un QAPP y aportarán información para los usuarios de datos a fin de evaluar la calidad de los datos reunidos por los científicos ciudadanos. Las plantillas son recomendadas, pero no obligatorias. También es posible contactar a las organizaciones federales, estatales, locales, tribales u otras para obtener más asistencia u orientación. Hay que considerar los siguientes pasos al escribir un QAPP.

#### 1. Definir el propósito del proyecto

Ciencia ciudadana y *crowdsourcing* son términos que describen diversas actividades que implican una gama de organizaciones, usos y resultados. Los proyectos pueden abarcar diferentes medios ambientales (por ej. agua, aire o biota) y diferentes niveles de compromiso y responsabilidad de los participantes. Algunos proyectos de ciencia ciudadana están diseñados solo para fines educativos o de participación comunitaria, en tanto que otros están diseñados para evaluar científicamente la exposición ambiental, realizar mediciones legalmente defendibles o afectar políticas. La **Tabla 1** indica la utilización de datos de la EPA y otras organizaciones, clasificada en categorías amplias y propósitos específicos del proyecto (NACEPT, 2016).

Recomendamos que su organización diseñe un QAPP que concuerde con el propósito destinado al proyecto, como se indica en la **Tabla 1**. Determinar dónde encaja un proyecto dentro del espectro de propósitos de los proyectos puede ayudar a caracterizar el nivel necesario de documentación de garantía de calidad.

**Tabla 1.** Categorías de uso de los datos asociados con los propósitos de los proyectos.

Categorías de uso de datos	Propósito destinado al proyecto
Mayor entendimiento del público	Participación de la comunidad
Mayor enteridimiento dei publico	Educación
Estudios científicos e investigación	Indicadores de condición ambiental (depuración, exposición) Estudios e investigación
Medidas legales y de políticas	Decisiones reglamentarias

#### Definir el nivel de garantía de calidad y documentación

Una vez que haya identificado el propósito destinado al proyecto, debe considerar las <u>actividades</u> que debe realizar para satisfacer las necesidades y expectativas del usuario de los datos. Estas actividades forman la base de la Garantía de calidad (EPA, 2002) y pueden incluir: diseñar un plan para muestrear en lugares representativos; identificar el volumen de aire necesario para satisfacer los niveles apropiados de detección; o crear Procedimientos Operativos Estándar (SOP, por sus siglas en inglés) para asegurar que los voluntarios registren los datos uniformemente. La planificación de la garantía de calidad confirma que los participantes acepten roles y responsabilidades, y que se puedan usar los datos para contestar las preguntas que plantea el proyecto, con un nivel definido de confianza para satisfacer el uso destinado a los datos.

Una organización de ciencia ciudadana debe considerar el propósito del proyecto y el uso de los datos al seleccionar el nivel apropiado de garantía de calidad y documentación. Con este enfoque gradual, los datos recolectados para *medidas legales y de políticas* requerirían aseguramiento de la calidad y documentación de más amplitud que los datos recolectados para *aumentar el entendimiento del público*. A continuación, damos información adicional sobre estas categorías amplias para que su organización pueda determinar mejor las actividades requeridas para satisfacer el nivel apropiado de garantía de calidad y documentación.

#### Mayor entendimiento del público (tono claro)

Los proyectos en esta categoría incluyen estudios sobre fenómenos o problemas básicos, y a menudo tienen como objetivo principal o justificativo hacer participar a las comunidades en monitoreo ambiental. Los objetivos comunes pueden centrarse alrededor de educar a los ciudadanos acerca de sus ambientes, procesos científicos y actividades de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Estos proyectos pueden producir resultados más cualitativos o descriptivos, como la presencia o ausencia de especies específicas. En estos proyectos, los sitios de muestreo pueden depender más de la disponibilidad de voluntarios que de basarse en un esquema de muestreo riguroso.

#### Estudios científicos e investigación (tono medio)

Los proyectos en esta categoría están destinados a aportar datos útiles para investigación, estudios de factibilidad o para identificar condiciones de línea base o tendencias en la exposición a contaminantes del agua o del aire. Muchos proyectos en esta categoría determinan la eficacia de las decisiones ambientales, como evaluar el número de peces que viajan corriente arriba después de haber eliminado una represa. Muchas organizaciones en esta categoría realizan estudios preliminares para evaluaciones ecológicas o de salud pública y utilizan herramientas de evaluación de riesgo para priorizar las medidas basadas en la comunidad.

#### Medidas legales y de políticas (tono oscuro)

Los proyectos que requieren el nivel más riguroso de garantía de calidad y documentación quedan en esta categoría. Los propósitos de estos proyectos pueden incluir toma de decisiones reglamentarias a nivel local, estatal o nacional y, a menudo usan métodos federales aprobados, o pruebas de aceptación para demostrar la equivalencia con estos métodos.

El propósito general del proyecto puede incluir objetivos específicos para individuos, comunidades e instituciones (tales como agencias gubernamentales o universidades). Asimismo, el propósito de un proyecto puede evolucionar, o encajar en más de una categoría de uso de datos. Un proyecto puede comenzar como proyecto educativo basado en la comunidad, pero evolucionar hacia un estudio científico más riguroso que evalúa condiciones de línea base. Por ejemplo, un esfuerzo por hacer participar a las comunidades locales en medir la calidad del agua puede producir información que indica una necesidad de mitigar la contaminación de fuentes específicas. En estas situaciones, puede necesitarse más rigurosidad en la garantía de calidad y la documentación y se recomienda buscar el más alto nivel de garantía de calidad que cumpla el propósito destinado al proyecto. Un QAPP no es un documento estático y debe actualizarse siempre que cambie un aspecto del proyecto.

#### 3. Factores a considerar

¿Cómo se determina el nivel correcto de garantía de calidad y documentación? Un factor es si los datos recolectados son *cualitativos* o *cuantitativos*. En general, los proyectos cuantitativos (es decir, ¿cuánto?), así como los proyectos que usan pruebas de hipótesis estadística, requieren un nivel más alto de garantía de calidad que los proyectos cualitativos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Nivel de detalle de la garantía de calidad y la documentación para diferentes propósitos de proyectos. Cuanto más oscuro sea el tono, más riguroso es el nivel de garantía de calidad en cuanto al detalle.

Categorías de uso de datos	Propósito destinado al proyecto	Cuantitativo	Cualitativo	Nivel de detalle
Mayor entendimiento del	Participación de la comunidad			
público	Educación			
Estudios científicos e investigación	Indicadores de condición ambiental (depuración, exposición)			
IIIVestigacion	Estudios e investigación			
Medidas legales y de políticas	Decisiones reglamentarias			

Los proyectos cuyo principal propósito es hacer participar al público podrían recolectar información cualitativa. La pregunta ambiental podría abordar la presencia o ausencia de clases específicas de plantas o animales en lugares geográficos de interés o en una cuenca hidrográfica. O bien, los científicos ciudadanos podrían recolectar datos cuantitativos sobre la abundancia de ciertas especies, pero resumir los datos usando medidas descriptivas, tales como "baja", "mediana" o "alta". En contraste, los proyectos que aportan información para medir la exposición, o para tomar decisiones reglamentarias comúnmente requieren una estimación cuantitativa de un indicador de una condición

importante. Para estos proyectos, la pregunta de estudio a menudo incluye una <u>estadística</u>, como la media o mediana, y una medición de variabilidad, estimada a partir de los datos recolectados, los cuales pueden visualizarse en una gráfica o un mapa. Estos proyectos se realizan frecuentemente en un área de estudio bien definida que representa una población potencialmente impactada (EPA, 2006). Supongamos que los científicos ciudadanos se interesan en la efectividad de un dispositivo de control de la contaminación en una fundición cercana. El científico líder del proyecto debe establecer una prueba de hipótesis estadística para medir, estimar y comparar las concentraciones medias de compuestos tóxicos en el aire en lugares específicos (por ej. a favor del viento o contra el viento) antes y después de haber instalado un nuevo dispositivo de control de la contaminación.

Repetimos que usted debe procurar lograr el más alto nivel de garantía de calidad y documentación que cumpla con el propósito destinado a su proyecto.

#### Vincular el uso destinado a los datos con las plantillas recomendadas de garantía de calidad¹

Al igual que todos los proyectos científicos, los proyectos de ciencia ciudadana emplean estrategias, o actividades específicas para mejorar la credibilidad de los datos. Estas actividades se agrupan en 24 elementos distintivos que se hallan en la orientación estándar de la EPA (EPA, 2001; EPA, 2002). Sin embargo, para este Manual, hemos consolidado estos en 19 elementos clave que aparecen en la Tabla 3 (y la Figura 1). El documento acompañante, *Plantillas para la garantía de calidad y documentación de ciencia ciudadana*, ayuda a las organizaciones a completar estos elementos. Su organización debe completar las plantillas basándose en cómo se van a usar los datos y en la orientación recibida de una oficina estatal y/o regional de la EPA, si corresponde.

En cada plantilla, es importante que usted también elija el nivel correcto de aseguramiento de la calidad y documentación que concuerde con el propósito del proyecto. Por eso, los proyectos que abordan la toma de decisiones reglamentarias requerirían <u>más</u> actividades de control de calidad (QC), tales como la calibración más frecuente de los instrumentos. De manera similar, todos los proyectos requieren algún nivel de capacitación de los voluntarios, pero los proyectos que abordan la toma de decisiones reglamentarias requerirían capacitación <u>más intensiva</u>.

#### 5. ¿Recién comienza?

La orientación y los conceptos que contienen el Manual y las Plantillas pueden aplicarse a proyectos de ciencia ciudadana a cualquier escala, pero reconocemos que algunos grupos pueden estar en las etapas tempranas de aprendizaje sobre cómo documentar la calidad de datos y pueden ser enteramente novatos en cuanto a la recolección de datos. Incluso en una etapa temprana, la EPA recomienda que los proyectos aporten cierto nivel de documentación de calidad de datos para ayudar a hacer uso de sus datos.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>La distribución de la documentación de aseguramiento de la calidad para cada uno de los usos de datos sigue la alineación de la orientación por niveles de la Oficina de Planificación y Estándares de Calidad del Aire de la EPA, 2017.

Como coordinador de un proyecto de ciencia ciudadana, usted puede estar involucrado en muchos aspectos de la planificación de proyectos, recolección de muestras, análisis de laboratorio, examen de datos, así como gestión y evaluación de datos. Por lo tanto, es importante considerar la garantía de calidad (por ej. actividades de planificación que usted realice para gestionar el proyecto y recolectar, evaluar y examinar datos) además del control de calidad (por ej. actividades técnicas que realiza para limitar errores de instrumentos o en las mediciones) en cada etapa del proyecto. Pero esto no tiene que ser abrumador. Puede abordar los elementos esenciales de garantía de calidad y documentación contestando estas preguntas clave:

- 1) ¿Cuál es el propósito del proyecto, y la pregunta que desea contestar?
- 2) ¿Cómo y dónde se piensa recolectar muestras, datos u otra información?
- 3) ¿Cómo se capacita a los voluntarios para recolectar muestras, datos u otra información?
- 4) ¿Cómo se controlará para evitar errores en el campo, en el laboratorio o durante el análisis de datos?
- 5) ¿Cómo revisará sus datos y determinará si son útiles?
- 6) ¿Adónde van los datos y quién verá los datos?

¡La ciencia es genial! Recolectar datos para un proyecto grande es interesante y valioso, pero para poder sacar conclusiones a partir de los datos, se deben documentar minuciosamente estas actividades. Pensamos que al contestar estas preguntas completando las plantillas en este Manual, usted podrá comunicar mejor la calidad y utilidad de los datos del proyecto.

**Tabla 3.** Elementos de QAPP y plantillas de aseguramiento de la calidad de la EPA recomendadas para proyectos de ciencia ciudadana. Las plantillas están organizadas en cuatro elementos principales del Plan de Proyecto de Aseguramiento de la Calidad indicados en los documentos de orientación de la EPA.

Plantilla  Aumentar el  Ciencia/  Legal/							
T lantilla	entendimiento del público	Investigación	Políticas				
A. Ge	A. Gestionar el proyecto						
1. Título y página del preparador	Х	Χ	Х				
2. Índice		Х	Х				
Definición del problema,     antecedentes y descripción del     proyecto	Х	X	Х				
Objetivos e indicadores de calidad de datos	X	X	Х				
5. Calendario del proyecto		X	X				
6. Capacitación y experiencia especializada	X	X	Х				
7. Documentos y registros	X	X	X				
B. F	Recolectar datos						
8. Datos existentes		X	X				
9. Diseño del muestreo y métodos de recolección de datos	X	X	X				
10. Manejo y custodia del muestreo		X	Х				
11. Mantenimiento de equipo/instrumentos, pruebas, inspección y calibración		X	X				
12. Métodos analíticos	X	X	X				
13. Control de calidad de campo y de laboratorio	Х	X	X				
14. Gestión de datos		X	X				
C. E	valuar los datos						
15. Informes, supervisión y evaluaciones	X	X	X				
D. Evaluar los datos							
16. Evaluación de datos y utilizabilidad	X	X	Χ				
Gestionar el proyecto (continuación)							
17. Organigrama		X	Х				
18. Organización del proyecto/tarea		X	X				
19. Lista de distribución del proyecto		X	X				

**Figura 1.** Plantillas de garantía de calidad y documentación recomendadas para proyectos de ciencia ciudadana.

#### Aumentar el entendimiento del público

Participación de la comunidad, educación

Se recomienda usar Plantillas 1,3,4,6,7,9,12,13,15,16.

#### Estudios científicos e investigación

Indicadores de condiciones ambientales, depuración, estudios e investigación

Se recomienda usar Plantillas 1 - 19.

#### Medidas legales y de políticas

Decisiones reglamentarias

#### Se recomienda ESPECIALMENTE usar las Plantillas 1 a 19.

Este documento no define, ni limita de otro modo, el propósito para el cual los científicos ciudadanos puedan procurar aplicar sus datos o información. La EPA retiene la exclusiva discreción para determinar la medida en que utilizará datos o información producida o resultante del uso de este documento. Sin embargo, nótese que los datos usados en la toma de decisiones reglamentarias y de políticas a menudo deben recolectarse usando métodos aprobados, los cuales pueden incluir pruebas de aceptación para demostrar la equivalencia con estos métodos. Para asegurar que estos estudios reúnen los requisitos de muestreo, lugar, garantía de la calidad y todos los otros requisitos, consulte a los usuarios finales de los datos de interés de su proyecto.

#### 6. En resumen

Este Manual tiene la intención de comunicar las expectativas comunes para el proceso de aseguramiento de la calidad y la documentación; así como las prácticas óptimas de gestión a fin de contar con iguales condiciones para todas las organizaciones que capacitan y utilizan voluntarios en la recolección de datos ambientales. Este Manual y sus Plantillas y Ejemplos acompañantes ayudarán a la organización de ciencia ciudadana a seleccionar el nivel apropiado de aseguramiento de la calidad y documentación que se adapte al uso destinado a los datos.

Durante más de veinte años, en conformidad con los estándares nacionales de consenso para recolectar datos ambientales, la EPA ha incentivado a las organizaciones a utilizar el formato de QAPP para documentar la transparencia de los métodos científicos del proyecto, y la calidad y utilidad de los datos o la información que se han recolectado. El proceso de desarrollar el QAPP es indispensable para el éxito del proyecto y a menudo es igualmente importante que el documento escrito final del QAPP. El QAPP aporta estructura al desarrollo de un proyecto y ayuda al escribir las conclusiones sacadas al concluir el proyecto. Además, la evaluación del proyecto siempre implica comparar lo que se hizo realmente con los requisitos del QAPP.

## Instrucciones para las plantillas de garantía de calidad y documentación de ciencia ciudadana

Para desarrollar el QAPP usando las plantillas, complete cada una de las plantillas recomendadas correspondientes a su proyecto. También se pueden combinar las plantillas si la información es claramente distinguible.

#### Plantilla correspondiente #1: Título y página del preparador

Esta página aporta un título, una fecha de vigencia del plan, y confirma que las partes clave estén de acuerdo con el plan.

#### Plantilla correspondiente #2: Índice

En los QAPP más largos que algunas páginas, el Índice ayuda a asegurar que se haya incluido toda la información y que sea fácil de hallar. El índice debe incluir una lista (a modo de apéndices) de los Procedimientos Operativos Estándar (SOP), Manuales de Instrumentos y toda lista de verificación o formularios, según corresponda.

### Plantilla correspondiente #3: Definición del problema, antecedentes y descripción del proyecto

#### A. Definición del problema

Esta sección describe el problema, la pregunta o amenaza ambiental que se va a abordar, explica por qué este trabajo necesita hacerse, y aporta una estructura para determinar el propósito del proyecto, el uso de los datos y los objetivos del proyecto (ver a continuación). Como se describe anteriormente, el proceso de desarrollar el QAPP es iterativo y la definición del problema puede modificarse al reunir nueva información (por ej. limitaciones de los métodos disponibles o resultados de estudios complementarios).

#### **B.** Antecedentes

Esta es una oportunidad para describir la historia del proyecto (o el problema ambiental), estudios previos pertinentes y cómo este proyecto reduce la brecha de los datos (incluyendo de los datos existentes) o complementa la información existente. Si el proyecto se relaciona con otros proyectos en curso, entonces es importante mostrar cómo y por qué se relaciona. Cuanto más específico sea, más favorablemente será recibido cuando sea considerado como adición a sus conjuntos de datos (u otros). Si hay otros que realizan trabajo similar, entonces la colaboración posiblemente lograría resultados aún más sólidos. Trabajar dentro del alcance de los proyectos existentes puede permitirle forjar o posiblemente usar un QAPP existente. También es útil hacer referencia a artículos o estudios que hayan inspirado su proyecto porque así puede demostrar que ha investigado e identificado métodos apropiados para recolectar datos que son aplicables al problema ambiental.

#### C. Descripción del proyecto

Esta sección es una oportunidad para describir brevemente el trabajo a realizar, los datos que piensa reunir, las tecnologías o métodos empleados para recolectar los datos, y las decisiones que planea tomar con los datos. Por ejemplo, puede señalar que los voluntarios de su proyecto registrarán visualmente el número de peces que pasan por una escalera de peces en dos segmentos de un río durante la primavera en un periodo de tres años, para determinar si el paso de los peces aumenta después de eliminar una represa. La información adicional del proyecto como se indica a continuación ayudará a su organización a planear las actividades de aseguramiento de la calidad para cumplir los objetivos del proyecto.

En primer lugar, debe identificar los **objetivos del proyecto**. Estos abordan el problema o responden a las preguntas ambientales <u>y vinculan los resultados de los datos con posibles medidas</u>. Una manera de contestar esto es usando las frases "Si…entonces…", como "Si el resultado del parámetro *x* en esta área está sobre el estándar reglamentario, entonces vamos a…". Estos objetivos forman la base para todo el estudio. Cuanto más precisas sean la definición del problema y las metas del proyecto, más probable es que el proyecto satisfaga exitosamente esos objetivos.

Esta sección también debe incluir una breve descripción del sitio del proyecto o área del estudio, y ubicaciones según se relacionen con las preguntas ambientales que se van a abordar. La definición de un área de estudio o población de interés asegura que las muestras tomadas sean representativas de la población en cuestión, y que las ubicaciones seleccionadas se basen en los objetivos del proyecto.

También es esencial identificar el **periodo de tiempo** para recolectar datos, porque los objetivos del proyecto pueden corresponder solo a un plazo específico. Por ejemplo, un proyecto que registre los peces migratorios que pasan por un estuario depende del momento del ciclo de vida de la especie de interés.

Por último, debe incluir información sobre los **usuarios de datos**. Estos son los individuos, grupos o agencias que se interesan, o que tomarán decisiones basándose en los datos o la información.

#### Plantilla correspondiente #4: Objetivos e indicadores de calidad de datos

Estos son elementos clave de un QAPP y convierten los objetivos del proyecto en actividades específicas de garantía de calidad y control de calidad.

#### A. Objetivos de calidad de datos

Objetivos de calidad de datos (DQO, por sus siglas en inglés) son afirmaciones cuantitativas o cualitativas que describen el grado de aceptabilidad de los datos (es decir, criterios de rendimiento) para tomar decisiones descritas en el objetivo del proyecto. Por ejemplo, si planea comparar resultados de un monitor continuo de aire para ozono con el estándar nacional de 8 horas, puede afirmar que los datos reunidos deben poder medir el ozono cada hora, y que la variabilidad e incertidumbre se minimizan (así como se reduce la probabilidad de "errores en las decisiones") a fin de determinar estadísticamente si se cumple con el estándar nacional. (Nótese que lo más probable es que los datos de ozono recolectados por una organización de ciencia ciudadana se utilizarán para fines de selección y no para la toma de decisiones reglamentarias.) Sin embargo, los DQO cualitativos no necesitan efectuar una afirmación estadística. Por ejemplo, un proyecto de participación comunitaria puede entregar un DQO de que las especies de plantas en los humedales afectados del área de estudio son identificadas exactamente por los voluntarios.

El proceso para establecer los DQO puede ser muy complejo y depende de la información que usted entregue en las Plantillas 3 y 4. Puede resumirse en el diagrama de flujo de la **Figura 2**.

Figura 2. El proceso de planificación de DQO.



Para ver más información sobre la planificación de DQO, consulte EPA 2006 que se encuentra en las Referencias al final del Manual.

#### B. Indicadores de calidad de datos

Para determinar si se están cumpliendo los objetivos de calidad de los datos, debe evaluar los **Indicadores de calidad de datos** (DQI) correspondientes a cada parámetro medido. Estos DQI son más típicos para proyectos donde las mediciones cuantitativas de parámetros, como bacterias o material particulado en el aire, o donde se recoge una abundancia de especies. Los DQI son atributos de los datos que se recogen, específicamente en relación con minimizar la incertidumbre respecto de cada medición o conjunto de mediciones. Aparecen a continuación:

**Precisión** es la capacidad de una medición para reproducirla uniformemente. Generalmente se usan mediciones repetidas para determinar la precisión. En caso de mediciones repetidas, se observaría la cercanía de dichas mediciones. La precisión se mide a menudo como la diferencia porcentual relativa o desviación relativa estándar.

Sesgo es cualquier influencia en el proyecto que podría desequilibrar o inclinar los datos en una dirección en particular. Tomar muestras en un lugar donde se sabe que hay un problema, en vez de tomar muestras distribuidas uniformemente en un área amplia, es un ejemplo de cómo se puede influir en los datos. El sesgo puede deberse a un diseño de muestreo no representativo, errores de calibración, interferencias que no se han documentado y contaminación crónica de la muestra.

Exactitud es un grado de confianza en una medición. Mientras más pequeña sea la diferencia entre la medición de un parámetro y su valor "verdadero" o previsto, más exacta es la medición. Asimismo, cuanto más preciso o reproducible sea el resultado, más confiable o exacto será el resultado. La exactitud puede determinarse al comparar un análisis de un estándar químico con su valor real.

Representatividad se refiere a lo bien que los datos recolectados describen el sistema verdadero.

Comparabilidad es la medida en que los datos de un conjunto de datos pueden compararse directamente con otro conjunto de datos. Los conjuntos de datos deben tener suficiente terreno en común, equivalencia o similitud para permitir un análisis significativo.

**Integralidad** es la cantidad de datos que deben recolectarse para lograr las metas y los objetivos señalados del proyecto. Se determina al comparar la cantidad de datos válidos o utilizables recolectados con lo que se planeaba originalmente recolectar.

Sensibilidad es esencialmente el límite más bajo de detección de un método, instrumento o proceso correspondiente a cada uno de los parámetros de medición que interesan.

Rango de medición es la gama de lecturas confiables de un instrumento o dispositivo medidor, o un método de laboratorio, según lo especifica el fabricante o el laboratorio.

Cada DQI tiene una actividad asociada, como una verificación de Control de Calidad (QC). Por ejemplo, los voluntarios que registran el pH en el agua usando un medidor electrónico de pH generalmente realizan una calibración del instrumento antes y después de un evento de muestreo con estándares conocidos.

O bien, un instrumento analítico tiene una sensibilidad definida, o límite de detección. Además, todos los DQI tienen una *meta* cuantitativa. Para un instrumento que mide un analito específico, una regla a seguir es que el límite de detección debe ser como mínimo tres veces menor que el nivel de acción reglamentaria correspondiente a ese analito.

Si el proyecto tiene un solo uso, o es limitado en cuanto a su alcance, entonces los objetivos de calidad de los datos se aplicarán solo al proyecto. Sin embargo, si los datos del proyecto aportan a un equipo o red de proyectos similares, entonces deben tomar en cuenta también los objetivos de calidad de datos de los otros proyectos.

Hay más información disponible sobre seleccionar y calcular estos indicadores en muchos de los documentos señalados en las referencias como: EPA, 1996 (The Volunteer Monitor's Guide to Quality Assurance Project Plans [La guía para monitores voluntarios sobre planes de proyectos de garantía de calidad]); EPA, 2002a (Guidance for Quality Assurance Project Plans [Guía para planes de proyectos de garantía de calidad]. EPA QA/G-5); National Water Quality Monitoring Council (NWQMC), 2006; y Williams, et al., 2015 (Citizen Science Air Monitor (CSAM) Quality Assurance Guidelines [Pautas de garantía de calidad para monitores de aire de ciencia ciudadana (CSAM)]).

#### Plantilla correspondiente #5: Calendario del proyecto

El calendario del proyecto ayuda a identificar plazos necesarios para planificar eventos de muestreo, como preparar o adquirir equipos, informar a los participantes acerca de la sincronización de la recolección de datos, y las expectativas de distribución de los datos para fines de examinar y reportar. La aprobación del QAPP implica que los participantes aceptan el calendario planeado.

#### Plantilla correspondiente #6: Capacitación y experiencia especializada

La capacitación de recolectores de datos ciudadanos es una parte muy importante de un proyecto. La capacitación asegura la uniformidad y debe registrarse y documentarse. Nótese que los registros de capacitación pueden ser tan simples como un mensaje de correo electrónico que resuma lo que se enseñó, el instructor y el estudiante. Los registros de capacitación son esenciales para evaluar si se realizan correctamente los procedimientos y para documentar las calificaciones de las personas involucradas. Algunos proyectos dependen de científicos profesionales o instructores con experiencia especializada que asisten en gran medida al proyecto.

#### Plantilla correspondiente #7: Documentos y registros

Es crucial que el personal clave del proyecto sepa la ubicación y el estatus de los documentos importantes (por ej. los QAPP, los Procedimientos Operativos Estándar (SOP), las fichas de datos de campo y registros (por ej. bases de datos, lista de verificación de control de calidad (QC)). Al adjuntar copias de los procedimientos y listas de verificación al QAPP, se puede aportar uniformidad a todo el proyecto. Esto también asiste en la capacitación, en analizar datos y reportar.

#### Plantilla correspondiente #8: Datos existentes y datos de otras fuentes

A menudo es valioso (o necesario) que los proyectos usen datos existentes. Los datos existentes pueden incluir datos de muestreo y pruebas recolectados durante investigaciones previas; datos

históricos, información de antecedentes; entrevistas; estimaciones modeladas; fotografías; fotografías aéreas; mapas topográficos y literatura publicada, incluso de agencias federales y estatales. El equipo del proyecto debe determinar si la calidad de los datos recolectados (incluso por parte de fuentes confiables o reportados en un artículo científico revisado por sus pares) es aceptable para los objetivos del proyecto. Debe considerar la fuente de los datos, el periodo durante el cual se recolectaron los datos, los métodos de recolección de datos, las fuentes potenciales de incertidumbre y el tipo de documentación de apoyo disponible, incluyendo documentación de aseguramiento de la calidad como precisión, sesgo, representatividad, comparabilidad e integralidad. Parte de esta información puede no estar disponible, y usted deberá juzgar las limitaciones del uso de los datos. Nótese que hay muchas fuentes de datos existentes que se reconocen como confiables, como los datos del Servicio Nacional Meteorológico, u otras redes nacionales de monitoreo (por ej. el Servicio Geológico Estadounidense, USGS, por sus siglas en inglés).

Debe completar esta plantilla si su proyecto va a usar datos existentes. Si no se hace uso de datos existentes, señale "no se usan datos existentes".

#### Plantilla correspondiente #9: Diseño del muestreo y métodos de recolección de datos

#### A. Diseño del muestreo

Debe diseñar un régimen de muestreo que cumpla los objetivos del proyecto. Por ejemplo, podría considerar un diseño estadístico o basado en probabilidades para efectuar inferencias dentro de un área geográfica amplia, una cuenca hidrográfica o una comunidad. O bien puede convenirle orientarse a áreas específicas usando un diseño según su criterio para identificar "puntos álgidos" y contrastar poblaciones de "referencia" frente a las "impactadas". Además, debe considerar los métodos o tecnologías de muestreo que empleará, por ej. muestreo separado, sensores *in situ*, monitoreo continuo o secciones transversales de vegetación.

También se deben documentar los detalles sobre el diseño del muestreo y las actividades de control de calidad para que, si otras organizaciones repiten el proyecto, generen resultados similares. Parte de esta información puede estar en otros lugares dentro del QAPP y puede usarse a modo de referencia aquí.

Esta plantilla también debe indicar la cantidad y el tipo de las muestras de control de calidad (QC) recolectadas durante el proyecto. Se necesitan las muestras de QC para evaluar si se cumplen sus objetivos e indicadores de calidad de datos (ver la Plantilla #4). Por ejemplo, la contaminación es una fuente común de errores en muestreos y procedimientos analíticos, por eso se recolectan muestras en blanco para identificar cuándo y cómo pudiera ocurrir la contaminación. Una organización siempre debe documentar que los blancos están uniformemente libres de contaminación. Una regla general es que entre el 10 y el 20% de las muestras de campo recolectadas deben ser muestras de QC. El laboratorio debe también efectuar sus propias muestras de QC (como controles positivos y negativos de análisis microbiológico) porque también necesitan documentar que sus operaciones no causan aumentos en los errores. Para un proyecto nuevo de monitoreo o para un nuevo procedimiento analítico, es buena idea aumentar el número de muestras de QC (hasta un 20%) hasta tener la plena confianza en los procedimientos que usa. Los tipos de muestras de QC se describen en la Tabla 4.

Los proyectos que recolectan información cualitativa, tales como los de abundancia general de especies específicas, pueden evaluar la calidad haciendo que más de un individuo efectúe la misma evaluación. Los reconocimientos de vegetación que pueden basarse en la identificación correcta de especies a menudo envían ejemplares de prueba a expertos regionales.

Nótese que la mayor parte de estas muestras de QC están diseñadas principalmente para muestras separadas de agua y pueden requerirse otros tipos de muestras para el monitoreo continuo de aire o de agua. Para proyectos de monitoreo del aire, la organización debe colocalizar sensores en o cerca de sitios donde las agencias reguladoras han desplegado instrumentos de referencia. Si se mapea vegetación, o se realiza un reconocimiento de la fauna, es buena práctica realizar secciones transversales de réplicas a fin de evaluar la variabilidad de campo o hacer que más de una persona evalúe la misma sección transversal. Para evaluar la exactitud de su identificación taxonómica, algunos científicos recomiendan usar ejemplares de prueba. Un ejemplar de prueba es cualquier ejemplar que sirva de base para el estudio y se retiene a modo de referencia. Debe estar en una colección de referencia científica accesible públicamente.

Tabla 4. Tipos de muestra de QC típicas, descripciones y usos para muestreo separado

Tipo de muestra de QC	Descripción	Útil para (ejemplos)
Blanco de campo	Una muestra "limpia", producida en el campo, usada para detectar o documentar contaminación durante todo el proceso (muestreo, transporte y análisis de laboratorio). Entre los ejemplos se incluyen contenedores limpios de muestreo, filtros de blancos, etc. que se tratan igual que las muestras de campo, salvo que no se recolecta una muestra en ellos.	Muestreo de agua, sedimento y tierra; muestreo de aire en los filtros
Equipo o blanco de enjuague	Este tipo de blanco se usa para evaluar si hay una contaminación trasladada al reutilizar el mismo equipo de muestreo. Se recoge una muestra de agua destilada (u otro solvente, según el método) en un contenedor de muestra usando un equipo normal de recolección y se analiza como muestra.	Equipo de muestreo de agua, sedimento y tierra; equipo de muestreo de aire en los filtros
Muestra dividida	Muestra que se divide igualmente en dos o más contenedores de muestras y luego se analiza mediante analistas o laboratorios diferentes. Se usa como medición de precisión o para medir la variabilidad en los resultados entre laboratorios o muestras independientemente analizando la misma muestra original.	Muestreo de agua, sedimento, tierra y tejido de peces
Muestras colocalizadas	Aplicable a muestreo de aire y agua. Para el muestreo de aire, dos o más dispositivos de recolección de muestras, situados juntos en un espacio y operados simultáneamente, para suministrar una serie de muestras duplicadas o réplicas para estimar la precisión del sistema/proceso total de medición y verificación con métodos establecidos. Las muestras colocalizadas deben exponerse al mismo ambiente y exponerse al mismo aire. Para muestreo de agua, podría aplicarse el muestreo separado para comparar con estaciones de monitoreo continuo.	Agua, sedimento y tierra
Muestras replicadas	Se obtienen cuando se toman dos o más muestras del mismo sitio, usando el mismo método y se analizan independientemente del mismo modo. Cuando se toman solo dos muestras, a veces se les llama muestras duplicadas. Estos tipos de muestras son representativos de la misma condición ambiental. Pueden usarse réplicas (o duplicados) para detectar tanto la variabilidad natural en el ambiente como aquella causada por los métodos de muestreo de campo.	Agua, sedimento y tierra
Muestras marcadas	Muestras a las cuales se ha agregado una concentración conocida del analito de interés. Las muestras marcadas se usan para medir la exactitud. Si se hace esto en el campo (que es inusual), los resultados reflejan los efectos de matriz, preservación, envío, preparación del laboratorio y análisis. Si se hace en el laboratorio, refleja los efectos del análisis del punto en que se agregó el compuesto, por ej. justo antes del paso de medición. Se usa un porcentaje de recuperación del material de marcado para calcular la exactitud analítica.	Agua, sedimento y tierra

#### B. Métodos de recolección de datos

Un proyecto exitoso depende de un protocolo uniforme para recolectar muestras. Las organizaciones deben poder capacitar a sus voluntarios en estos métodos para que la recolección de datos sea factible y repetible. La información sobre métodos recomendados de recolección de muestras, contenedores especializados o tecnologías para agua y aire ambiente, muestreo de agua potable y vegetación, puede hallarse en las referencias y en los siguientes recursos en inglés:

- Monitoreo de arroyos, estuarios y lagos: https://www.epa.gov/nps/nonpoint-source-volunteer-monitoring
- Monitoreo del agua potable: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/drinking">https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/drinking</a> water sample collection.pdf
- Monitoreo de agua potable en los estados de Nueva Inglaterra: <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/2015">https://www.epa.gov/sites/production/files/2015</a>- 06/documents/NE-States-Sample-Collection-Manual.pdf
- Monitoreo de sensores de aire: https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox
- Monitoreo continuo de calidad del agua: <a href="https://pubs.usgs.gov/tm/2006/tm1D3/pdf/TM1D3.pdf">https://pubs.usgs.gov/tm/2006/tm1D3/pdf/TM1D3.pdf</a>

Hay recursos adicionales disponibles en las siguientes páginas orientadas a los científicos ciudadanos:

- https://www.citizenscience.gov/toolkit/resource-library/
- http://citizenscience.org/

Si se utilizan Procedimientos Operativos Estándar (SOP), adjúntelos al QAPP o cite la publicación donde pueden hallarse.

Cuando sea posible, obtenga la posición exacta (usando GPS o aplicaciones en smartphone) de donde proviene la muestra, incluyendo profundidad de la muestra, altura, y temperatura del aire o del agua (según corresponda). Si al examinar los datos, el valor reportado parece ser potencialmente anómalo, es posible repetir el muestreo exactamente en ese punto donde se tomó la muestra inicial. Podría ser que realmente fue una anomalía, pero podría ser que otra cosa estuviese interfiriendo con las condiciones físicas en ese punto en particular, por ejemplo, un "punto álgido" imprevisto que debiera considerarse de manera diferente de los otros valores.

#### Plantilla correspondiente #10: Manejo y custodia del muestreo

Para asegurar que la muestra no se vea alterada después de la recolección o que cumpla con los requisitos de tiempo de retención del laboratorio, esta plantilla describe sus esfuerzos por que cada muestra recolectada retenga su forma física y composición química originales desde la recolección hasta el desecho final. También identifica el mantenimiento de custodia (o posesión) de la muestra. Estos principios también corresponden a las mediciones de monitoreo continuo. Los procedimientos de cadena de custodia son especialmente críticos para los proyectos donde pueden usarse los datos en tribunales como evidencia o para tomar decisiones reglamentarias. Puede ser indispensable un registro de cadena de custodia (que puede componerse de manifiestos o recibos de envío, siempre y cuando se identifique a una persona en el punto de envío y recepción en el laboratorio) a fin de defender la integridad de los datos en caso de que se sospechen alteraciones. Algunos métodos incluyen sellos u otras configuraciones para detectar alteraciones.

## Plantilla correspondiente #11: Lista de equipo, mantenimiento de instrumentos, pruebas, inspección y calibración

Muchos científicos ciudadanos usan sensores electrónicos (*in situ*) en matrices de agua y aire y estos instrumentos necesitan ser calibrados. Todas las calibraciones para un proyecto deben planificarse y documentarse. Los registros de calibración deben mantenerse en fichas de datos específicas de cada aparato e incluir fecha, hora, nombre de la persona que realiza la calibración, y los resultados mismos de la calibración. **Criterios de aceptación** de las verificaciones de calibración deben incluirse también en las fichas de datos. Los criterios de aceptación generalmente son medidas cuantitativas y metas que evalúan si se pueden usar los resultados. Por ejemplo, puede verificar su instrumento <u>después</u> del muestreo en muchos sitios contra un estándar de calibración. Esta es una comprobación de QC y se llama **verificación** (ver la Plantilla #16). Si la diferencia está dentro de los criterios de aceptación (o metas de DQI, ver la Plantilla #4), comúnmente expresada como porcentaje, puede aceptar los resultados.

La calibración es importante porque ayuda a prevenir el sesgo. Dependiendo de las especificaciones del fabricante del equipo, algunos equipos necesitan más atención que otros y esta plantilla ayuda a confirmar que el equipo no se 'distorsione' a lo largo del tiempo. Esto corresponde especialmente a los instrumentos de monitoreo continuo en agua y aire. Los sensores de agua son especialmente propensos a la distorsión causada por la biosuciedad y a menudo se distingue de la distorsión que proviene del sensor.

Los instrumentos analíticos y de campo difieren en cuanto a precisión y sensibilidad (es decir, límite inferior de detección). Para comparar o fusionar conjuntos de datos, o si se cambian los instrumentos en el transcurso de un proyecto, es crucial documentar estas especificaciones.

#### Plantilla correspondiente #12: Métodos analíticos

Esta plantilla centraliza en un lugar todas las especificaciones de todo método de medición de laboratorio o de campo organizado por cada parámetro o grupo analítico (como metales o nutrientes). También ayuda a establecer los criterios, como los límites de informes, necesarios para el proyecto, según los objetivos de calidad de datos identificados en la Plantilla #4. Frecuentemente, las especificaciones más importantes aquí son el volumen real de la muestra que necesita el laboratorio para hacer el análisis apropiado y el tiempo de retención de la muestra. Para completar esta plantilla, una organización debe consultar con el laboratorio analítico, o con el fabricante del método de campo o representante autorizado para asegurar que la cantidad de material, agua o aire muestreada es suficiente para satisfacer los límites de detección (o informes) que interesan. La mayor parte de la información sobre límites y volúmenes de muestra para los métodos se puede hallar en línea, tanto para laboratorios que usan métodos estándar como para equipo de medición de campo.

### Plantilla correspondiente #13: Resumen de control de calidad de campo y del laboratorio analítico

Las tablas en esta plantilla resumen la información de las Plantillas # 4 y 9 en cuanto a los tipos de muestras de control de calidad (QC) que se recolectarán en el campo y por el laboratorio.

#### Plantilla correspondiente #14: Gestión de datos

Tal como se hizo con el manejo de muestras, la información contenida en esta plantilla sigue la ruta de los datos, desde la recolección de campo y el análisis de laboratorio hasta el uso final o almacenamiento. Esto asegura que el personal del proyecto use los datos de estatus conocido o de una etapa definida de evaluación o validación. Deberá describir los procedimientos para mantener registros, su sistema de control de documentos y la estrategia empleada para almacenar datos y recuperarlos en medios electrónicos. También deben incluirse como anexos todos los formularios o listas de verificación.

#### Plantilla correspondiente #15: Informes, supervisión y evaluaciones

Las evaluaciones y la supervisión del proyecto incluyen examinar (si es posible, mediante un evaluador independiente) para identificar defectos o variaciones del QAPP, medidas correctivas tomadas y limitaciones del uso de los datos. Es crucial reportar los resultados para asegurar que toda desviación se corrija si es posible, y si no se encuentra ninguna, documentar la implementación exitosa de los procedimientos. También es importante reportar resultados e interpretaciones de tal modo que los participantes en el proyecto tomen parte y entiendan el avance y los resultados del proyecto, así como las limitaciones o contratiempos, si los hay. Los datos y los informes interpretativos podrían distribuirse a socios del proyecto y agencias de gobierno, pero también publicarse en sitios web para acceso público.

#### Plantilla correspondiente #16: Evaluación de datos y utilizabilidad

Use esta sección para describir la manera en que su organización evalúa, verifica y valida datos para determinar si se cumplen los objetivos del proyecto, y si los datos son aptos para el uso. El nivel de detalle y frecuencia para realizar evaluaciones de datos depende del uso destinado a los datos. Debe describir cómo evaluará los datos el personal del proyecto (como el coordinador del proyecto y el gerente de aseguramiento de calidad, si están disponibles) a medida que se obtengan y documenten (por ej. en listas de verificación, cuadernos de registro, mensajes de correo electrónico e informes de QA).

Aunque la verificación y validación de datos se realizan comúnmente de manera secuencial, puede resultar beneficioso (y más económico) en los proyectos pequeños combinar los pasos. Por ejemplo, el personal que efectúa la verificación podría también realizar el primer paso del proceso de validación simultáneamente. Cuando hay múltiples personas involucradas en un proyecto, el recolector inicial de datos comúnmente realiza la primera verificación en el momento de la recolección y después, si hay un gerente de QA disponible (ver la Plantilla #17), el gerente debe revisar las verificaciones de QC registradas en las fichas de datos.

El primer paso en la evaluación es la verificación. La verificación consiste en determinar si una actividad está en conformidad con los requisitos definidos, (como los criterios de aceptación) correspondientes a esa actividad. Por ejemplo, si usa un multímetro de mano para determinar el pH y la conductividad en ciertos puntos en un arroyo, debe tener procedimientos establecidos de calibración y verificaciones de QC (asociados con los indicadores de calidad de datos) para esos dos parámetros. Mientras recoge datos, anotaría los resultados (por ej. en una ficha de datos o en un cuaderno) y luego los evaluaría para confirmar que las verificaciones de QC como blancos y verificaciones de calibración estén dentro de las metas (o los criterios de aceptación) que ha establecido (ver las Plantillas # 4, 9 y 11). Este proceso de verificación indica que su multímetro está funcionando correctamente. La verificación es aplicable

también si sus datos son cualitativos, como verificar para ver si se realizó correctamente la identificación de una especie de pez o de planta.

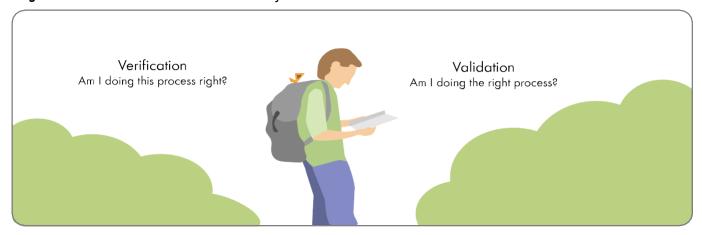
El siguiente paso en la evaluación es la validación. La validación consiste en determinar si las actividades están en conformidad con las necesidades del usuario para el proyecto en general. Este paso es una actividad de más alto nivel que introduce actividades adicionales (principalmente de garantía de calidad) como evaluar ubicaciones de muestreo, cadena de custodia, documentación y métodos apropiados. Estas actividades se relacionan con los Objetivos de calidad de datos para determinar si se pueden usar los datos. (Consulte la Figura 3 a continuación para ver la distinción entre verificación y validación.)

En cuanto al ejemplo usado anteriormente, si estuviese midiendo la conductividad en un arroyo para evaluar los efectos de la sal de las calles, podría considerar las siguientes preguntas:

- 1. ¿Recogimos los tipos correctos de datos? ¿Podemos tomar una decisión basada solo en pH y conductividad, o deberíamos haber tomado también otras mediciones como temperatura, nitrato u oxígeno disuelto?
- 2. ¿Recogimos los datos de los lugares correctos en el(los) arroyo(s)? Si habíamos planeado recolectar datos de todos los lugares apropiados, ¿cumplimos la meta de integralidad? ¿Podemos comparar nuestros resultados estadísticamente con un estándar reglamentario?
- 3. ¿Cumplieron todos los conjuntos de datos el 100% de los criterios de QC? Si no, ¿cuál es el impacto en el estudio en general? ¿Se necesitan calificadores de datos para describir ciertos problemas de QC específicos que no cumplieron con los criterios de aceptación de QC planeados, pero no implican necesariamente rechazar por completo el conjunto de datos?

Todos los problemas de datos, como las anomalías, o lotes de muestras que no cumplen con los criterios de aceptación, deben analizarse con el jefe del proyecto o con el gerente de QA (si está disponible) y explicarse en los informes del proyecto. En algunos casos, los calificadores de datos pueden ser necesarios para "resaltar" datos que no cumplen con los criterios de aceptación de QC, pero no justifican rechazar todo el conjunto de datos.<sup>2</sup>

Figura 3. La distinción entre verificación y validación.



<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Los calificadores de datos (a veces llamados informalmente "resaltados") son un conjunto de códigos que se aplican a los datos para describir diversos aspectos de un análisis que no cumplieron con las metas de QC (o los criterios de aceptación) descritos en el QAPP o los SOP. Las características resaltadas típicas son para blancos altos, estándares bajos de verificación, o mediciones bajo el límite de detección. Para ver información adicional sobre tipos comunes de calificadores de datos, ver el Apéndice C de EPA QA/G-8 Guidance (EPA, 2002b) on Environmental Data Verification and Data Validation [Orientación de la EPA sobre verificación de datos ambientales y validación de datos].

Por último, debe asegurarse de evaluar si se han cumplido los objetivos del proyecto, y los datos son utilizables, o si se han identificado y documentado limitaciones en el uso de los datos. Puede identificar desviaciones significativas del QAPP, o supuestos incorrectos establecidos en la fase de planificación de la recolección de datos. Puede haber descubierto cualidades únicas de la matriz de muestra; uso de métodos analíticos no estándar; o un diseño de muestreo que no es representativo o no permite comparaciones estadísticas planeadas. Toda limitación potencial de los datos debe documentarse en registros asociados con estos datos (es decir, metadatos) e incluirse en el informe final del proyecto.

#### Plantilla correspondiente #17: Organigrama del proyecto

El organigrama muestra las líneas de comunicación y reporte del proyecto, como una cadena de mando. El diagrama debe representar al personal responsable de asegurar la calidad de datos, como el jefe de proyecto, los instructores y los recolectores de datos de campo. Algunos proyectos requieren un equipo de personas con diferentes responsabilidades y títulos de cargos; otros pueden requerir los servicios de una sola persona que trabaje media jornada. En general, los organigramas no son necesarios para los proyectos pequeños.

Recomendamos que identifique una persona responsable de la integridad general del proyecto, a veces llamada gerente de garantía de calidad (QAM). Para evitar introducir sesgo, esta persona debe ser independiente del personal que trabaja en el proyecto y debe tener suficiente conocimiento de las metodologías del proyecto, y la confianza para formular preguntas. El rol del QAM es evaluar las actividades, métodos y resultados del proyecto y determinar si los datos recolectados cumplen los objetivos del proyecto. Muchos proyectos pequeños pueden no tener la capacidad de emplear a una persona independiente, por eso una persona calificada, experimentada y capacitada puede desempeñar este rol.

#### Plantilla correspondiente #18: Organización del proyecto

Esto muestra el rol de todos en el desarrollo del proyecto. La sección responsabilidades proporciona una reseña del trabajo que será en el proyecto. Los detalles específicos se abordan en muchas de las otras plantillas.

#### Plantilla correspondiente #19: Lista de distribución del proyecto

La lista de distribución asegura que todos los involucrados en el proyecto reciban una copia del QAPP u otros documentos y conozcan el trabajo que se realiza. También aporta la información de contacto para aquellos involucrados en el proyecto, de tal modo que todos sepan si se hacen cambios al proyecto.

#### Definiciones<sup>3</sup>

Analito. Dentro de un medio, como el agua, un analito es una propiedad o sustancia a medir. Entre los ejemplos de analitos cabe mencionar pH, oxígeno disuelto, bacterias y metales pesados.

**Auditoría (calidad).** Un examen sistemático e independiente para determinar si las actividades de calidad y los resultados relacionados cumplen con las disposiciones planeadas y si estas disposiciones se implementan efectivamente y son aptas para lograr los objetivos.

**Blanco de campo.** Un blanco de campo se usa para fines de control de calidad, es una muestra "limpia" (por ej., agua destilada) que en otros aspectos se trata igual que otras muestras tomadas del campo. Los blancos de campo se envían al analista junto con todas las otras muestras y se usan para detectar cualquier contaminante que pueda introducirse durante la recolección de muestras, el almacenamiento, el análisis y el transporte.

**Cadena de custodia.** Una serie ininterrumpida de responsabilidad que garantiza la seguridad física de las muestras, los datos y registros.

**Calibración.** Comparación de un estándar de medición, instrumento o artículo con un estándar o instrumento de mayor exactitud para detectar y cuantificar inexactitudes y reportar o eliminar dichas inexactitudes mediante ajustes.

Ciencia ciudadana. Cuando el público participa voluntariamente en el proceso científico, abordando problemas de la vida real en maneras que pueden incluir formular preguntas de investigación, efectuar experimentos científicos, recolectar y analizar datos e interpretar resultados.

**Comparabilidad.** La comparabilidad es un indicador de calidad de los datos y es el grado en que concuerdan o se asemejan diferentes métodos, conjuntos de datos y/o decisiones.

Condiciones ambientales. La descripción de un medio físico (por ej., aire, agua, tierra, sedimento) o sistema biológico expresado en términos de sus características físicas, químicas, radiológicas o biológicas.

**Contratista.** Cualquier organización o persona que sea contratada para prestar servicios o artículos o realizar trabajo; proveedor en una situación bajo contrato.

Página 25 de 32

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> EPA, 2001 - EPA Requirements for Quality Assurance Project Plans, March 2001: QA/R-5. EPA/240/B-01/003. Office of Environmental Information. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC 20460. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/r5-final 0.pdf

**Control de calidad (QC).** El QC es el sistema general de actividades técnicas diseñadas para medir la calidad y limitar errores en un producto o servicio. Un programa de QC gestionar la calidad de tal modo que los datos satisfagan las necesidades del usuario como se expresan en el plan del proyecto de aseguramiento de la calidad.

Criterios de aceptación. Las medidas cuantitativas y metas que evalúan si se pueden usar los resultados.

**Datos ambientales.** Toda medición o información que describa procesos ambientales, ubicación o condiciones; efectos ecológicos o para la salud; o el rendimiento de la tecnología ambiental. Los datos ambientales también incluyen información recolectada directamente de mediciones, producida a partir de modelos y compilada de otras fuentes, como bases de datos o literatura.

**Desviación estándar relativa (RSD).** La RSD es la desviación estándar de un parámetro expresada como porcentaje y se usa para evaluar la precisión.

**Desviación(es) estándar.** La desviación estándar se usa para determinar la precisión y es el cálculo más común utilizado para medir la gama de variación entre mediciones repetidas. La desviación estándar de un grupo de mediciones se expresa mediante la raíz cuadrada positiva de la varianza de las mediciones.

**Diferencia porcentual relativa (RPD).** La RPD es una alternativa en vez de la desviación estándar, expresada como porcentaje y se usa para determinar la precisión cuando hay solo dos valores de medición disponibles.

**Equipo o blanco de enjuague.** Los equipos o blancos de enjuague se usan para fines de control de calidad y son tipos de blancos de campo usados para verificar específicamente la contaminación trasladada al reutilizar el mismo equipo de muestreo (ver blanco de campo).

**Evaluación de calidad de datos.** Una evaluación estadística y científica del conjunto de datos para determinar la validez y el rendimiento del diseño de la recolección de datos y la prueba estadística, y para determinar la adecuación del conjunto de datos para el uso destinado.

**Evaluación.** El proceso de evaluación usado para medir el rendimiento o la efectividad de un sistema y sus elementos. Tal como se usa aquí, la evaluación es un término que incluye todo para denotar cualquiera de los siguientes aspectos: auditoría, evaluación de rendimiento, evaluación de sistemas de gestión, evaluación efectuada por los pares, inspección o vigilancia.

**Exactitud.** La exactitud es un indicador de la calidad de los datos y el grado de concordancia entre un valor observado (resultado de muestreo) y el valor aceptado, o verdadero, del parámetro que se mide. Un alto grado de exactitud puede definirse como una combinación de alta precisión y bajo sesgo.

Garantía de calidad (QA). EL QA es un sistema de gestión integrada para asegurar que un producto o servicio satisface estándares definidos de calidad con un nivel señalado de confianza. Las actividades de QA involucran planificación, control de calidad, evaluación de la calidad, informes y

mejora de calidad.

Gerente de garantía de calidad (QAM). La persona designada como gerente principal dentro de la organización encargado de supervisión y responsabilidades de planificar, documentar, coordinar y evaluar la efectividad del sistema de calidad para la organización.

Indicadores de calidad de datos. Los atributos de los datos que se recogen, específicamente en relación con minimizar la incertidumbre respecto de cada medición o conjunto de mediciones. Estos incluyen comúnmente precisión, sesgo, exactitud, representatividad, comparabilidad, integralidad, sensibilidad y rango de medición.

**Integralidad.** La integralidad es un indicador de calidad de los datos se expresa generalmente como porcentaje, y es la cantidad de datos válidos obtenida en comparación con la cantidad de datos planeada.

Límite de detección del instrumento. El límite de detección del instrumento es la menor concentración de una sustancia dada o analito que puede detectar confiablemente un equipo o instrumentos analíticos (ver límite de detección).

Límite de detección del método (MDL). El MDL es la concentración más baja de una sustancia o analito determinados que se puede detectar confiablemente mediante un procedimiento analítico (ver límite de detección).

**Límite de detección.** Los límites de detección se aplican a métodos y equipo, y son la más baja concentración de un analito en cuestión que un método o equipo dado puede asegurar confiablemente y reportar como mayor que cero.

Materiales de referencia estándar (SRM). Un SRM es un material o sustancia que se ha certificado y tiene un valor establecido, conocido y aceptado para el analito o la propiedad de interés. Los SRM se emplean para determinar sesgo y se usan como medidores guía a fin de calibrar correctamente los instrumentos o evaluar métodos de medición. Los SRM son producidos por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de los EE. UU. (NIST) y se caracterizan en cuanto a contenido absoluto independiente de cualquier método analítico.

Matriz. Una matriz es un tipo específico de medio, como agua de superficie o sedimento, en donde puede estar contenido el analito de interés.

Metadatos.<sup>4</sup> La definición más simple de metadatos es que son "datos estructurados acerca de datos". Los metadatos son información estructurada que describe, explica, localiza o facilita de alguna manera recuperar, entender, usar o gestionar un recurso de información.

**Muestra ambiental.** Una muestra ambiental es un ejemplar de cualquier material recolectado de una fuente ambiental, como agua o macroinvertebrados recolectados de un arroyo, lago o estuario.

Muestra ciega. Un tipo de muestra utilizado para fines de control de calidad, una muestra ciega es una muestra que se envía a un analista sin conocer su identidad ni composición. Las muestras ciegas se usan para probar la pericia del analista o del laboratorio en realizar el análisis de muestras.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Clasificación de la EPA Núm.: CIO 2135-S-01.0 - Enterprise Information Management (EIM) Minimum Metadata Standards

**Muestra dividida.** Se usa para fines de control de calidad, una muestra dividida es una que se ha dividido igualmente en dos o más submuestras. Las divididas se envían a diferentes analistas o laboratorios y se usan para medir la precisión de los métodos analíticos.

Muestra duplicada. Las muestras duplicadas utilizadas para fines de control de calidad, son dos muestras que se toman al mismo tiempo en un mismo sitio, y son representativas, que se someten a todos los procedimientos de evaluación y análisis de manera idéntica. Las muestras duplicadas se usan para medir la variabilidad natural, así como la precisión de un método, monitor y/o analista. Cuando hay más de dos muestras duplicadas se les llama réplicas o muestras replicadas.

Muestras de evaluación del rendimiento (PE). Se usa para fines de control de calidad, una muestra de PE es un tipo de muestra ciega. La composición de las muestras de PE es desconocida para el analista. Las muestras de PE se proporcionan para evaluar la capacidad del analista o del laboratorio para producir resultados analíticos dentro de límites específicos.

Muestras marcadas. Se usan para fines de control de calidad, una muestra marcada es una muestra a la cual se ha agregado una concentración conocida del analito de interés. Al analizar, la diferencia entre una muestra ambiental y la concentración del analito en una muestra marcada debe ser equivalente a la cantidad agregada a la muestra marcada.

Muestras replicadas. Ver muestras duplicadas o réplicas.

**Objetivos de calidad de datos (DQO).** Los objetivos de calidad de datos son afirmaciones cuantitativas o cualitativas que describen el grado de aceptabilidad o utilidad de los datos para los usuarios de datos. Incluyen indicadores como exactitud, precisión, representatividad, comparabilidad e integralidad. Los DQO especifican la calidad de los datos necesarios para cumplir las metas del proyecto de monitoreo. El proceso de planificación para asegurar que los datos ambientales sean del tipo, la calidad y la cantidad necesarios para la toma de decisiones se llama **proceso de DQO.** 

Plan del proyecto de garantía de calidad (QAPP). Un QAPP es un documento formal por escrito que describe procedimientos de control de calidad detallados que se usarán para lograr los requisitos de calidad de datos de un proyecto específico.

**Precisión.** La precisión es un indicador de calidad de los datos que mide el nivel de concordancia o variabilidad entre un conjunto de mediciones repetidas, obtenidas bajo condiciones similares. La precisión se expresa a menudo como desviación estándar en términos absolutos o relativos.

**Procedimientos operativos estándar (SOP).** Un SOP es un documento escrito que detalla los métodos determinados y establecidos empleados para realizar operaciones, análisis o acciones del proyecto.

**Protocolos.** Los protocolos son procedimientos detallados, escritos, estandarizados para operaciones de campo y/o de laboratorio.

Rango de medición. El rango de medición es la gama de lecturas confiables de un instrumento o dispositivo medidor según lo especifica el fabricante.

**Representatividad.** La representatividad es un indicador de calidad de los datos y es el grado en que los datos retratan exacta y precisamente la condición ambiental real o verdadera que se ha medido.

**Sensibilidad.** En relación con los límites de detección, la sensibilidad se refiere a la capacidad de un método o instrumento para discriminar entre las respuestas de medición que representan diferentes niveles de una variable de interés. Mientras más sensible sea un método, mejor podrá detectar las menores concentraciones de una variable.

Sesgo. El sesgo se usa frecuentemente como indicador de calidad de los datos y es el grado de error sistemático presente en el proceso de evaluación o análisis. Cuando hay sesgo, el valor del resultado de muestreo difiere del valor aceptado, o verdadero, del parámetro que se evalúa.

Usuarios de los datos. El(Los) grupo(s) que aplicarán los resultados de datos a cierto propósito. Los usuarios de los datos pueden incluir a los monitores mismos, así como a agencias de gobierno, escuelas, universidades, empresas, organizaciones de cuencas hidrográficas y grupos comunitarios.

**Utilizabilidad de los datos.** El proceso de asegurar o determinar si la calidad de los datos producidos cumple con el uso destinado a los datos.

**Validación.** Confirmación mediante examen y entrega de evidencia objetiva de que se cumple con los requisitos en particular de un uso específico destinado. En diseño y desarrollo, la validación se refiere al proceso de examinar un producto o resultado para determinar su conformidad con las necesidades del usuario.

**Valor verdadero.** Al determinar la exactitud, los valores de medición observados a menudo se comparan con valores verdaderos o estándar. Un valor verdadero es uno que se ha establecido suficientemente bien para ser usado a fin de calibrar instrumentos, examinar métodos de evaluación o asignar valores a materiales.

Varianza. La varianza es un término estadístico usado al calcular la desviación estándar y es la suma de los cuadrados de la diferencia entre los valores individuales de un conjunto y la media aritmética del conjunto, dividida por uno menos que los números dentro del conjunto.

**Verificación.** Confirmación mediante examen y entrega de evidencia objetiva de que se cumple con los requisitos específicos. En diseño y desarrollo, la verificación se refiere al proceso de examinar un resultado de una actividad dada para determinar su conformidad con los requisitos señalados para dicha actividad.

#### Referencias

American Society of Quality/American National Standards Institute, 2014 - Specifications and Guidelines for Quality Systems for Environmental Data Collection and Environmental Technology Programs. [Sociedad Estadounidense de Calidad/Instituto Nacional de Estándares Americanos, 2014 – Especificaciones y pautas para sistemas de calidad para recolección de datos ambientales y programas de tecnología ambiental.] ASQ/ANSI E4-2014.

EPA, 1996 - The Volunteer Monitor's Guide to Quality Assurance Project Plans. [Guía para monitores voluntarios sobre planes de proyectos de garantía de calidad.] EPA 841-B-96-003. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/vol\_gapp.pdf

EPA, 2001 - EPA Requirements for Quality Assurance Project Plans, March 2001: QA/R-5. [Requisitos de la EPA para planes de proyectos de garantía de la calidad, marzo 2001] EPA/240/B-01/003. Oficina de Información Ambiental. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Washington, DC 20460. https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/r5-final 0.pdf

EPA, 2002a - Guidance for Quality Assurance Project Plans. [Guía para planes de proyectos de aseguramiento de la calidad] EPA QA/G-5. EPA/240/R-02/009. Oficina de Información Ambiental. Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. Washington, DC 20460. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/q5-final.pdf

EPA, 2002b - Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation. [Guía sobre verificación de datos ambientales y validación de datos] EPA QA/G-8. EPA/240/R-02/004. Oficina de Información Ambiental. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Washington, DC 20460. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/g8-final.pdf

EPA, 2006 - Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process. [Guía sobre planificación sistemática usando el proceso de objetivos de calidad de datos.] EPA QA/G-4. EPA/240/B-06/001. Oficina de Información Ambiental. Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Washington, DC 20460. https://www.epa.gov/guality/guidance-systematic-planning-using-data-guality-objectives-process-epa-gag-4

EPA, 2013 - US EPA Region 2 Guidance for the Development of Quality Assurance Project Plans for Citizen Science Projects, April 2013. [Guía de la Región 2 de la EPA de EE. UU. para el desarrollo de planes de proyectos de garantía de la calidad para proyectos de ciencia ciudadana, abril 2013. <a href="https://www3.epa.gov/region02/citizenscience/pdf/citsci">https://www3.epa.gov/region02/citizenscience/pdf/citsci</a> air attach b form.pdf

EPA, 2015 - Village Green Project – Self-Powered, Real-Time Air Monitoring, Quality Assurance Project Plan – Original Draft, Category IV/Measurement Project, February 2015. [Plan de proyecto de aseguramiento de la calidad con monitoreo de aire en tiempo real, auto-propulsado – Borrador original, Categoría IV/Proyecto de medición, febrero 2015.]

EPA Office of Air Quality Planning and Standards, 2017 - Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II Ambient Air Quality Monitoring Program. EPA-454/B-17-001 Appendix C, Using the Graded Approach for the Development of QMPs and QAPPs. [Oficina de Planificación y Estándares de Calidad del Aire de la EPA, 2017 – Manual de garantía de calidad para sistemas de medición de la contaminación del aire, Volumen II, Programa de monitoreo de calidad del aire ambiental. EPA-454/B-17-001 Apéndice C, Uso de estrategia graduada para desarrollar los QMP y QAPP.] https://www3.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/pm25/ga/Final%20Handbook%20Document%201 17.pdf

Freitag, A, Meyer, R. and Whiteman, L., 2016 - Strategies Employed by Citizen Science Programs to Increase the Credibility of Their Data. Citizen Science: Theory and Practice [Estrategias empleadas por programas de ciencia ciudadana para aumentar la credibilidad de sus datos. Ciencia Ciudadana: Teoría y Práctica], 1(1): 2, pp. 1–11, DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.5334/cstp.6">http://dx.doi.org/10.5334/cstp.6</a>

IDQTF, 2012 - Uniform Federal Policy for Quality Assurance Project Plans (UFP-QAPP Manual, 2005) - March 2012 Optimized UFP-QAPP Worksheets. Intergovernmental Data Quality Task Force. [Política federal uniforme para planes de proyectos de aseguramiento de la calidad (UFP-QAPP Manual, 2005) - marzo 2012 Hoja de cálcula optimizadas UFP-QAPP. Grupo de trabajo intergubernamental sobre calidad de datos.] EPA-505-B-04-900A. <a href="https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/ufp\_qapp\_worksheets.pdf">https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/ufp\_qapp\_worksheets.pdf</a>

National Advisory Council for Environmental Policy and Technology (NACEPT), 2016 - Environmental Protection Belongs to the Public. A Vision for Citizen Science at EPA. [Consejo Nacional Asesor para Políticas y Tecnologías Ambientales (NACEPT), 2016 – La protección ambiental pertenece al público. Una visión para la ciencia ciudadana en la EPA] EPA 219-R-16-001. https://www.epa.gov/faca/nacept-2016-report-environmental-protection-belongs-public-vision-citizen-science-epa

National Water Quality Monitoring Council, 2006 - Data Elements for Reporting Water Quality Monitoring Results for Chemical, Biological, Toxicological, and Microbiological Analytes. Technical Report No.3. April 2006. [Consejo Nacional para el Monitoreo de calidad del agua, 2006 – Elementos de datos para reportar resultados del monitoreo de calidad del agua en cuanto a analitos químicos, biológicos, toxicológicos y microbiológicos. Informe técnico Núm. 3. Abril 2006.]

New Jersey Department of Environmental Protection Division of Water Monitoring and Standards. [Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey – División de Monitoreo y Estándares del Agua] <a href="http://www.state.nj.us/dep/wms/bears/cwm\_qapps.htm">http://www.state.nj.us/dep/wms/bears/cwm\_qapps.htm</a>. Acceso el 23 de mayo de 2018.

Williams, R., Vasu Kilaru, E. Snyder, A. Kaufman, T. Dye, A. Rutter, A. Russell & H. Hafner, 2014 - Air Sensor Guidebook. [Guía de sensores de aire] Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Washington, DC. EPA/600/R-14/159 (NTIS PB2015-100610). <a href="https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/how-use-air-sensor-quidebook">https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/how-use-air-sensor-quidebook</a>

Williams, R. W., T. M. Barzyk & A. Kaufman, 2015 - Citizen Science Air Monitor (CSAM) Quality Assurance Guidelines. [Pautas de aseguramiento de la calidad para monitores de aire de ciencia ciudadana (CSAM).] Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Washington, DC. EPA/600/R-15/008. https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/air-sensor-toolbox-resources-and-funding#TER