

FIELD MANUAL FOR WATER QUALITY SAMPLING

ARIZONA WATER RESOURCES RESEARCH CENTER

College of Agriculture
The University of Arizona
350 N. Campbell Avenue
Tucson, Arizona 85719

Voice: 520-792-9591

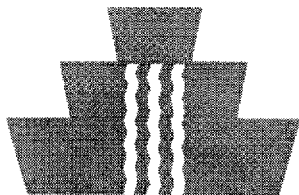
Fax: 520-792-8518

E-mail: wrrc@ccit.arizona.edu

Web: <http://ag.arizona.edu/AZWATER/>

First printing: March 1995

Second printing: July 1996



Water Resources Research Center

FIELD MANUAL FOR WATER QUALITY SAMPLING

This document was prepared by the Water Resources Research Center (WRRC) at the University of Arizona, in cooperation with the Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ).

ARIZONA WATER RESOURCES RESEARCH CENTER

The Arizona Water Resources Research Center conducts, supports and coordinates research of water issues and produces publications to disseminate water-related information to a wide audience, from the general public to the water professional.

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY

The Arizona Department of Environmental Quality shall preserve, protect, and enhance the environment and public health, and shall be a leader in the development of public policy to maintain and improve the quality of Arizona's air, land, and water resources.

Please provide feedback on the manual to help us improve it. ADEQ will be gathering all comments and WRRC will incorporate them (where appropriate) into revisions of the manual sometime in late 1996. Please forward these comments to: Mario Castañeda, Hydrologic Support and Assessment Section, Water Quality Division, Arizona Department of Environmental Quality, 3033 N. Central, Phoenix, AZ 85012 (in Arizona: 800-234-5677 ext. 4409 or 602-207-4409).

This handbook is printed on waterproof and tear-resistant paper in indelible ink. Keep mineral oil and other aliphatics from it, and it will be nearly indestructible. The handbook also can be printed from the WRRC's Web site, <http://ag.arizona.edu/AZWATER/>.

FOREWORD

This field manual is intended to serve as a field reference guide for the collection of water quality samples from surface water and ground water. More detailed information can be found in reference materials from the Arizona Department of Environmental Quality and other sources. Separate training should be provided prior to field water quality sampling.

The overriding objective of this manual is to provide consistent field sampling protocols for the numerous agencies and individuals who require water quality information. However, it is not intended to replace any sampling plan. The Spanish-language version of this manual also is available to help address emerging environmental sampling concerns along the U.S.-Mexican border. Increased water quality management along the border will require integrated sampling and analysis protocols, something that the production of this manual can foster.

Although this manual describes state-of-the-science techniques, sampling methodologies and technologies continue to undergo changes. The intent of this manual is not to restrict sampling techniques, but to provide a common protocol that can be compared to other techniques. In this manner, those who wish to use alternate methods or equipment may do so as long as these variations, when they occur, are documented in the field log book and final sampling report.

ACKNOWLEDGEMENTS

The preparation of this document was made possible by the Water Quality Division, Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ), 3033 N. Central Avenue, Phoenix, AZ 85012, and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The document was written by Doug Heath with technical and logistical support provided by Gary Woodard, Todd Rasmussen, Susanna Eden, Rodrigo González of the Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), and scientists from the Universidad de Sonora (UNISON). Alison Simcox reviewed early drafts. Additional technical support was provided by Mario Castañeda, Melinda Longsworth, James DuBois, Wayne Hood III, ADEQ, Dean Radtke of USGS and Roseanne Sakamoto of EPA Region 9. Translation to Spanish was provided by Vicky Freedman and reviewed by Herlinda Grajeda.

The use of any trade names or materials in this manual does not constitute an endorsement by the Water Resources Research Center.

Every effort was made to assure that the information provided in this handbook is complete and accurate. However, water quality sampling procedures vary among agencies and are updated regularly. Consult your agency's protocols if you have questions.

©Copyright 1995, 1996 Arizona Board of Regents for The University of Arizona, Water Resources Research Center. All rights reserved.

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD	ii
ACKNOWLEDGEMENTS	ii
TABLE OF CONTENTS	iii
SAFEGUARDING YOUR HEALTH AND SAFETY	1
PHASE I. PLANNING	1
STEP 1. Select Potential Water-Quality Sampling Stations	1
A. Reviewing Existing Information	2
B. Permission to Inspect, Construct and Survey	2
C. Establishing a Sampling Station	3
STEP 2. Plan for Sampling Across the U.S.-Mexico Border	4
STEP 3. Prepare a Sample Plan	4
PHASE II. PREPARATION	5
STEP 4. Obtain Containers and Preservatives	5
STEP 5. Assemble and Check Field Sampling Equipment	6
STEP 6. Clean Sampling Equipment	9
STEP 7. Calibrate Field Equipment	9
STEP 8. Locate and Describe the Sampling Station	10
A. Physical Positioning	10
B. Determining Station Coordinates	11
C. Photographing the Station	11
PHASE III. SAMPLING	13
STEP 9. Follow Health and Safety Guidelines	13
STEP 10. Keep Complete Records	14
A. Recording Minimum Set of Data Elements	14
B. Keeping Field Notes	16
STEP 11. Collect Samples for Water Quality	17
A. Chain of Custody Procedures	18
B. Collection of Surface Water Samples	18
1. River and Stream Sampling	19
a. Field Parameters	20
b. Streamflow Measurement	20
c. Composite Sampling	21
d. Grab Sampling	23

2. Pond and Lake Sampling	23
a. Field Parameters	23
b. Onshore Sampling	24
c. Offshore Sampling	24
C. Collection of Ground Water Samples	25
1. Sampling Monitoring Wells	25
a. Open and Measure the Well	25
b. Check for Trapped Vapors	26
c. Measure Water Level	27
d. Plumb Well Depth	27
e. Measure and Sample the Oil/Solvent Interface	28
f. Purge and Sample the Monitoring Well	29
2. Sampling Production Wells	32
3. Sampling Domestic Wells	33
D. Measuring Total Alkalinity, Bicarbonate and Carbonate	33
E. Handling Samples for Water-Quality Analysis	34
1. Recommended Order for Obtaining Samples	34
2. Sampling Procedures for Common Contaminants	35
a. Radon	35
b. Volatile Organic Compounds (VOCs)	35
c. Semi-Volatile Organics	37
d. Pesticides/PCBs	37
e. Phenols	37
f. Oil and Grease	37
g. Metals (Except Mercury)	37
h. Mercury	38
i. Cyanide	38
j. Gross Alpha and Gross Beta	38
k. Uranium, Radium	38
l. Bacteria	39
m. Viruses	39
STEP 12. Obtain Quality Control Samples	40
STEP 13. Pack and Ship Samples	41
STEP 14. Dispose of Purge and Decontamination Waters	41
REFERENCES	42
GLOSSARY OF ACRONYMS	44
CONTACT LIST	45
INDEX	47
UNITS, ABBREVIATIONS AND CONVERSION FACTORS	51

SAFEGUARDING YOUR HEALTH AND SAFETY

Before attempting any water quality sampling you must be aware of the applicable health and safety requirements. Because sample collection often is done at contaminated sites or in remote, rugged country far from immediate medical attention, it is important to follow all health and safety requirements and guidelines (see STEP 9).

PHASE I. PLANNING

Before a water-quality investigation can be conducted, information about the sampling locations, sampling parameters and methods that will be used is needed. This information is required for writing federal or state sampling plans (see STEP 3). In addition, any sampling cannot proceed until a plan has been developed that specifies the locations, number of samples, kinds of samples, numbers and kinds of QA/QC samples, and desired quality of the data. The samplers are responsible for collecting and handling samples and keeping records in strict accord with the sampling plan.

STEP 1. Select Potential Water-Quality Sampling Stations

Sampling stations are selected during development of the sampling plan (see STEP 3). When selecting stations, consider the sampling objectives, the laboratory analyses, the statistical analyses, as well as data archiving requirements. When several individuals or departments are responsible for these different aspects of the sampling project, use a team or consultation approach to sample plan development. If the investigator has primary responsibility for station selection, he or she should consult with the appropriate individuals and review all available information in order to answer the following questions (ADEQ QAPP, 1991):

- Can samples be obtained throughout the entire year (i.e. seasonal well) and at all discharges?
- Where should samples be collected to measure a site's regional or local water quality?
- Have all existing sampling locations been identified?
- Which of the existing locations should, if possible, be incorporated in the sampling program?
- How efficient is the sampling array (over sampling as well as under sampling should be avoided)?
- Is the sample size adequate for obtaining statistically valid results?

A. Reviewing Existing Information

Determining the representative physical, chemical and biological conditions of surface water and ground water requires first gathering available information about the locations of existing sampling stations in streams, rivers, lakes, monitoring wells and supply wells. The most important sources of information are:

- Data bases maintained by federal, state and local agencies
- U.S. Geological Survey (USGS) and Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) topographic quadrangles
- Land-use information, including aerial photographs
- Published and unpublished reports, studies and data
- Geologic maps and water-table contour maps

Examining these data may reveal that new stations must be established to achieve sampling objectives. A station is a specific location next to or on a water body, or at a well or group of wells from which a sample is collected. Its location is critical to the success of the sampling program. To be effective, sampling stations must be optimally located in the hydrologic flow system to assess water quality and detect contamination from point or nonpoint sources. For example, a river station should be located at or near a stream flow gauging station so that both stream discharge and water-quality data can be collected simultaneously. Additional monitoring wells around sites of contamination may be needed to determine the full extent of degradation from poor disposal practices. If no such sampling locations are available, then new stations should be established using the best information available. Areas where new stations are established will be identified while developing the sampling plan.

B. Permission to Inspect, Construct and Survey

After the number, type and locations of stations have been estimated, legal access must be obtained from all owners or operators of the property to conduct a site reconnaissance. A written or oral request for entry should include a description of proposed inspection, construction and sampling activities.

In many cases, federal, state and county officials and designated contractors have statutory authority to conduct field investigations at suspected or known pollution sources, such as RCRA and CERCLA sites in the United States. For such officials, legal access ranges from verbal consent to administrative search warrants. Non-governmental researchers must obtain written consent from

property owners or operators. If possible, offer the owner a copy of the sampling and analysis results. Regardless of affiliation, be certain to notify the local environmental or health agency in advance of field studies. When establishing a new station, inform the owners or operators that at least three visits may be required before the actual sampling takes place (STEP C below).

Regardless of the purpose of the visit, adhere to all prescribed health and safety procedures when entering or working on a site.

C. Establishing a Sampling Station

If new stations are being added, describe their number, type, location and construction before continuing the sampling process. At least three visits may be required to establish new stations before sampling takes place to do the following:

1. Select and examine the potential station through reconnaissance to ensure that the surface water body or well is at the optimum location to provide water quality data. At a river, for example, find a section where the channel is smoothest, straightest, accessible and uniform in depth, at least 100 meters (330 feet) upstream from a confluence, and near a landmark, such as a bridge, large boulder or tree. If the river is flowing, measure its temperature, pH, electrical conductivity, or dissolved oxygen at regular intervals and depths across the channel to test the degree of mixing of flowing water. The variability in these parameters will help you decide whether or not the site can be used. A well-mixed channel requires fewer samples to be composited than one showing distinct changes from one location to another. Other major siting considerations are the locations of upstream or downstream sources of contamination and their impact on water quality, and whether or not you can access the station at all discharges.
2. To establish a ground water station, check existing monitoring or supply wells for ease of access and overall condition. Lower a tape or other measuring device to the bottom of the well to determine its total accessible depth. Check records for details of well construction, lithology, depth to water, aquifer test results, location and length of well screen, and original depth of the well;
3. Install a monitoring well according to federal or state guidelines and test it for hydrogeologic properties (e.g., aquifer tests). Collect and describe soil and water samples during well construction; and
4. Survey the location of the measuring point for each station (e.g., bridge, culvert, gauge, top of casing) to the nearest 3 mm (0.01

foot) vertically and within 25 meters (80 feet) horizontally (EPA, 1991), and locate on a map with a schematic and photographs.

STEP 2. Plan for Sampling Across the U.S.–Mexico Border

If the stations you will be sampling are located across the U.S.–Mexico Border, there are additional actions you must take. Before a water quality investigation of any kind can be conducted, permission must be obtained from the Mexican government through the Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA).

STEP 3. Prepare a Sample Plan

Both EPA and ADEQ require the preparation of sampling plans before water-quality samples are collected. The EPA reference is “Preparation of a USEPA Region 9 Sample Plan for EPA-Lead Superfund Projects,” dated August 1993 (available from the Region 9 Quality Assurance Management Section). The ADEQ reference is “Quality Assurance Project Plan,” May 1991 (available from the ADEQ Office of Water Quality in Phoenix). Sample plans for projects under EPA jurisdiction must contain a Cover Sheet (EPA Format) and the following Sample Plan Components:

- I. Objective(s)
- II. Previous Investigations
- III. Maps
- IV. Rationale
- V. Request for Analyses
- VI. Field Methods and Procedures
- VII. Health and Safety Plan

For projects under the jurisdiction of the State of Arizona, there are four types of sample plans available, depending on the type and scope of the project:

1. ADEQ Sample Plan;
2. Abridged Groundwater Sample Plan;
3. Ambient Surface Water Sample Plan; and
4. Generic Sample Plan for Surface Water Quality Investigations.

The required sections are similar to those in EPA’s sample plan, but are arranged in a different order and use ADEQ forms.

EPA sample plans are required by EPA Region 9 for all federal-lead Superfund and RCRA projects. Use ADEQ sample plans for all other sites in Arizona. Contact ADEQ for more information.

Official guidelines are intended to ensure that a complete and consistent sampling plan has been developed before any sampling takes place. A complete sampling plan protects the sampling agency from errors and omissions that could compromise or invalidate sampling results. Water quality sampling is expensive and time-consuming, so be certain before you start that samples will serve project goals.

After preparing the sampling plan, send it to the responsible agency for approval. Even if your sampling program does not require an officially sanctioned sampling plan, preparing a plan that follows federal or state agency guidelines is a good practice. A good sampling plan actually saves time because it can be used for many sampling events and may be applicable to a variety of projects. Keep in mind the objectives of your sampling so that time and money is not wasted by acquiring data that are either too precise or not precise enough for your objectives.

PHASE II. PREPARATION

In the weeks before water quality samples are collected according to an approved sampling plan, several steps must be taken. Steps 4 through 8 describe these activities.

STEP 4. Obtain Containers and Preservatives

Clean sample containers, preservatives and coolers are generally provided by the laboratory in the United States. Contact the laboratory about a month before the sampling date to schedule analyses and container shipment or pickup. Use chain-of-custody procedures when coolers and containers are prepared, sealed and shipped. They will remain sealed until used in the field. When making arrangements with the laboratory, make sure you request enough containers, including those for blank and duplicate samples. Order extra sample bottles to allow for breakage or contamination in the field.

Some samples require low-temperature storage and/or preservation with chemicals to maintain their integrity during shipment and before analysis in the laboratory. The most common preservatives are hydrochloric, nitric, sulfuric and ascorbic acids, sodium hydroxide, sodium thiosulfate, and biocides. Many laboratories provide pre-preserved bottles filled with measured amounts of preservatives. Although most federal and state agencies allow the

use of pre-preserved sample containers, some may require either cool temperatures or added preservatives in the field (*see* STEP 11).

When the containers and preservatives are received from the laboratory, check to see that none have leaked. Be aware that many preservatives can burn eyes and skin, and must be handled carefully. Sampling bottles should be labeled with type of preservative used, type of analysis to be done and be accompanied by A Material Safety Data Sheet (MSDS). Make sure you can tell which containers are pre-preserved, because extra care must be taken not to overfill them when collecting samples in the field. Check with the laboratory about quality control procedures when using pre-preserved bottles.

Coolers used for sample shipment must be large enough to store containers, packing materials and ice. Obtain extra coolers, if necessary. Never store coolers and containers near solvents, fuels or other sources of contamination or combustion. In warm weather, keep coolers and samples in the shade.

STEP 5. Assemble and Check Field Sampling Equipment

Obtaining representative samples of surface water and ground water commonly requires large amounts of equipment. Make sure you are prepared. This is especially important if the sampling site is far from your office, making it difficult to replenish supplies or pick up forgotten items. Assemble, check and calibrate your equipment within twenty-four hours of the sampling time. In addition, re-calibrate the pH and dissolved oxygen meters in the field before use. The checklist of supplies on the following pages is a useful guide for many sampling projects.

Check all electronic equipment and batteries for proper operation. Inspect glass thermometers for column separation. Make sure tubing lengths are sufficient for depths to water. Discard cracked or discolored lengths of tubing or wires. If you have any doubts about the condition of a piece of equipment, bring along a replacement. This will save you a long trip back to the office or the possibility of violating QA/QC guidelines.

Obtaining a representative sample also means being careful in your choice of equipment. If you are sampling for the presence of heavy metals, do not use samplers with metal components. When sampling for organics, avoid using samplers with plastic components, as the plastic may adsorb and contaminate the samples. Most importantly, always decontaminate equipment before use. Once the equipment is decontaminated, wrap inorganic equipment in plastic and organic equipment in aluminum foil for transport to the site.

WATER SAMPLING SUPPLIES CHECKLIST

Field Survival

- Map of station locations
- Business card or ID
- Authorization (letter, etc.)
- Field notebook
- Waterproof pens, markers and pencils
- Masking tape and rubber bands
- Trip routing forms
- Road log
- Photo log forms
- Field data forms
- Chain of custody forms
- Other forms
- Keys or security codes for gates and locks
- Graphite lubricant (not oil or WD-40) for locks and well caps
- First aid kit, knife
- Insect repellent (wash hands thoroughly after applying)
- Hat, sunscreen, drinking water
- Sunglasses or safety glasses
- Leather gloves
- Steel-toed boots, rubber boots and/or waders
- Rain gear
- Toolbox with basic tools
- Tape measure
- Flashlight and extra batteries
- 2-way radio/cellular phone
- Binoculars
- Weather radio
- Uniform
- Rope
- Fire extinguisher (type B)
- Helmet or hard hat

Physical Positioning

- Camera, film
- Topographic map
- Tape measure
- Aerial photograph (optional)
- Global positioning system (optional)

Specialized Health and Safety

- Tyvek suits, non-contaminating gloves, tape, goggles, respirator, extra filters
- Explosimeter or photoionization meter

Field Parameter Measurement

- Stopwatch
- Calculator
- Non-mercuric thermometers (2)
- pH meter and buffers, pH indicator strips
- Turbidimeter
- Rain gauge
- Temperature, Conductivity, Redox, Dissolved Oxygen meters, probes and batteries
- Appropriate Hach kit(s)
- Flow-through cell
- Copies of manufacturers manuals for field equipment
- 1.8 m (6-ft) wooden engineers ruler

Surface Water

- Flow meter, rod and tape measure
- DH-81 sampler (with Teflon nozzle and gasket for VOCs)
- Van Dorn or Kemmerer bottle and string
- D-77 for large streams
- Glass mason jars, 1-quart
- Churn splitter
- Decontaminated spade
- Life jacket

Ground Water

- Electric water level probe or graduated (3 mm/0.01 foot) tape with water indicator paste, gel, non-ferrous cyanide chalk or 'popper'
- Non-lead weights
- Clear plastic bailer (for oil)

Ground Water (cont.)

- Interface probe
- Pipe threader, pipe adapters, faucets or valves
- Containers for purged water
- Pipe wrench
- Pump and tubing
- Electric generator for pump
- Compressed air for pump
- Calibrated bucket

Sampling

- Sealed coolers and sample containers
- Bags of ice
- Maximum/minimum non-mercuric thermometers (one per cooler)
- Folding table
- Polyethylene plastic sheets (1 per station)
- Paper towels, KIM-wipes, oil sorbent pads
- Teflon-lined screw caps (for radon, volatile and semi-volatile organics)
- Sodium thiosulfate or ascorbic acid (for volatile organics if chlorine is present)
- Preservatives (i.e. HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , HgCl_2)
- Residual chlorine test kit
- Glass vials (for radon and volatile organics)
- Amber glass bottle (for semi-volatile organics)
- Concentrated sulfuric acid (for phenols, oil and grease)
- Filters, 0.45 microns (for dissolved metals)
- Plastic bottles and screw caps (for metals)
- Ascorbic acid and sodium hydroxide pellets (for cyanide)
- Disposable latex or nitrile gloves

Microbial Sampling

- Ziploc plastic bags (1 gallon size)
- Disposable nitrile gloves
- Filtration equipment, tubing, pump, flowmeter
- Filters
- Sterilized Whirl-pak bags (for fecal coliform and E. Coli samples)
- Sterile and buffered water
- Teflon tweezers
- Bactericidal soap
- Bacteria sample rack

Cleaning/Decontamination

- Alconox non-phosphate detergent
- Carboy-tap water (1 gallon per well)
- Carboy-deionized water (2 gallons per well)
- Carboy-HPLC grade, organic-free water (0.5 gallon per well)
- Squeeze bottle for DI water
- 0.1N hydrochloric acid rinse (when sampling for metals)
- Pesticide-grade solvent, such as hexane (when sampling for volatile or non-volatile compounds)
- 10% sodium thiosulfate solution (0.25 gallon for viral sampling)
- Chlorine bleach (1 gallon for viral sampling)
- Hand-pump sprayers for washing fluids
- Decontamination vessel (plastic garbage can)
- Aluminum foil
- Plastic garbage bag for disposable equipment

Other

- _____
- _____

STEP 6. Clean Sampling Equipment

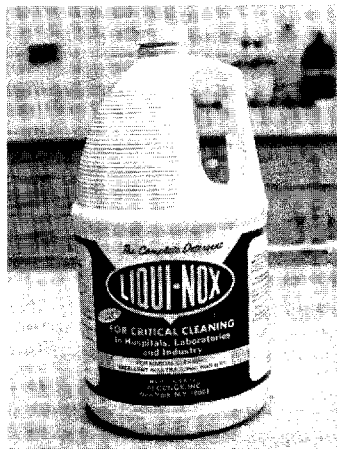
All equipment that makes contact with a water-quality sample or station must be carefully cleaned before reuse. Examples are pumps, tubing, DH-81 samplers, filtration equipment, water-level probes or tapes, interface probes and clear product bailers. Filters, however, are discarded after use. The Region 9 office of EPA recommends cleaning sampling equipment using the following decontamination procedure (EPA, August 1993, "Preparation of a U.S. EPA Region 9 Sample Plan for EPA-Lead Superfund Projects," EPA Region 9, Quality Assurance Management Section, San Francisco, CA):

1. Wash with non-phosphate detergent;
2. Rinse with tap water;
3. Rinse with 10% hydrochloric acid solution (if cross-contamination from metals is a concern);
4. Rinse with deionized/distilled water;
5. Rinse with pesticide-grade solvent (when semivolatile and non-volatile organic contamination may be present);
6. Rinse twice with deionized/distilled water;
7. Rinse with HPLC-grade, organic-free water;
8. Air dry or blow out with nitrogen in dust-free environment; and
9. Wrap cleaned inorganic equipment in plastic and cleaned organic equipment in aluminum foil for transport to the site.

If several sets of sampling tools are available, such as one for each station, then decontamination can be performed in batches at the beginning or end of a sampling day. This saves time and reduces the number of field blanks necessary.

STEP 7. Calibrate Field Equipment

Field equipment used to monitor physical parameters must be calibrated before water-quality samples can be taken. Because of the variety of instrumentation used in water-quality sampling, always read the manufacturer's instructions about equipment



Use non-phosphate detergents to wash and decontaminate equipment.

operation and calibration. Take copies of all the manufacturers' manuals with you to the site. In addition, manuals describing calibration procedures for temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and turbidity meters also are available from the U.S. Geological Survey (USGS) and ADEQ. Document calibration results according to these procedures and record the results in the field notes.

STEP 8. Locate and Describe the Sampling Station

The location and identification number of a water quality sampling station (monitoring point) should be accurately marked on a large-scale map as an X, circle, or dot. This not only enables field personnel to easily find the stations but also allows the data to be digitized into a computer database. In the United States, USGS topographic quadrangles at a scale of 1:24,000 are commonly used. In Mexico, topographic quadrangles at a scale of 1:50,000 are available from Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Other scales can be used, with some industrial facilities available at larger scales (e.g., 1:2,400). In addition, drawing site sketches which show roads, buildings, trees and other landmarks not shown on topographic quadrangles helps locate remote stations for others.

If the sampling station is not shown on a map, then determine its location by physical positioning.

A. Physical Positioning

Positioning is accomplished by measuring in meters or feet the horizontal distance between the station (such as the well casing) and other physical features, measuring that distance on a map, and marking the location with an X, circle, dot or other symbol. Useful features for reference on topographic quadrangles are roads, buildings, power lines, surface waters, or abrupt changes in slope. Sketch the station and its surroundings in the field log book.

Common devices for measuring distances are listed below, in order of decreasing accuracy:

1. Triangulation
2. Electronic distance measurer
3. Tape measure
4. Hip-chain distance measurer
5. Distance measuring wheel
6. Rangefinder
7. Global positioning system

8. Pacing
9. Vehicle odometer

Other less direct methods such as visually estimating a station's location on low-altitude aerial photographs also may be used if measurement on the ground is impractical.

B. Determining Station Coordinate

To comply with national standards of data management, measure and record coordinate in units of degrees, minutes, seconds, and fractions of seconds of latitude and longitude. Location coordinates usually are measured in one of four ways. The least expensive is overlaying a scale template on the station location in the topographic quadrangle, using coordinates such as UTM, and reading the degrees, minutes and seconds along the north-south (latitude) and east-west (longitude) axes. The second is hiring a professional land surveyor. The third is digitizing locations from a map using Geographic Information System (GIS) technology. The fourth is using a portable global positioning system (GPS) device.

GIS technology has grown in popularity as a data management and mapping tool. Station coordinates in latitude/longitude or other projection can be obtained with a GIS by digitizing their locations from a paper or mylar map, with coordinates such as a USGS quadrangle. Digitizing simply means marking that point with a magnetic cursor on a digitizing table. The accuracy of the method is only as good as the accuracy of the map and the mapped location. A large number of points or areas can be digitized with a GIS in a short time.

A global positioning system consist of a portable receiver or transponder that receives coded transmissions from an array of navigational satellites. The accuracy of location coordinates depends on satellite geometry, number and transmission frequencies. Other factors, such as interference from nearby buildings, hills, vegetation and electrical power lines may also affect accuracy. Coordinates may be obtained at a station after about 4 or 5 minutes, and the data can be stored in the unit for retrieval later. Accuracy is improved when satellite transmissions are also monitored by a nearby base station.

C. Photographing the Station

In October 1992, ADEQ established guidelines for photographing surface water quality sampling stations. The guidelines are presented below and preserve most of the language from

ADEQ, and are adapted for both surface and ground water quality sampling stations.

Photograph Fixed Station Sites on a regular basis for site documentation purposes. Take enough photos on the first visit to the site to establish a complete photo record of the site and its surroundings. (This also will assist a first-time visitor in locating the site.) After the first visit, take photos according to the procedures outlined below.



Using a global positioning system to locate a well.

Take photos at each visit to the site from established and constant photopoints. The preferred photopoint is naturally occurring, such as a large tree or boulder. For example, the photographer can put his or her back against a specific tree trunk to take one of the required photographs at each visit to the site. If naturally occurring landmarks are unavailable at a given site, try to mark the photopoint in some durable yet unobtrusive and temporary way, such as with a pile of rocks. At the first visit to the site describe the photopoints in detail in the field notes. Record field notes in the site files as a permanent part of the file.

Include a person in the photo of the sample point to show scale. For a surface water station, take two photos using Kodachrome slide film (K-64) from 1) upstream of the sample point looking downstream at the sample point; and 2) downstream of the sample point looking upstream at the sample point.

Take additional photos if you notice any significant change in the site area, such as severe channel scour, severe deposition, recent construction or other biological or ecological changes that warrant documentation. Emphasize in the photos, those aspects that are likely to impact water quality.

Upon receipt of the processed slides, label them with the following information: site ID, site name, date and time, and the orientation of photo. Put the slides from each particular site into

an 8-1/2 by 11 inch (21.6 by 27.9 mm) vinyl chloride slide sleeve and store them in their respective site file.

On the last visit to a site, retake the same photos that were taken on the first visit (from the same photopoints) in order to document the changes that occurred over the lifetime of the site.

PHASE III. SAMPLING

When necessary planning and preparation steps have been completed, you are ready to collect samples. Sample collection contains four major components you must keep in mind at all times. The first and most important is personal health and safety. Make sure that you and all the samplers you supervise have had the appropriate safety training and that you adhere to all the safety precautions listed in your sampling plan.

The second major component is collect a representative sample. The primary objective of any sampling plan is to collect a sample that represents the water quality at that particular time.

The third major component is quality control, described in STEP 11.

The fourth major component is record keeping (STEP 10, below). Complete and accurate records are essential.

STEP 9. Follow Health and Safety Guidelines

Before you attempt to collect water quality samples, you must be aware of the applicable health and safety requirements. Because sample collection may occur at contaminated sites or in remote, rugged country far from immediate medical attention:

1. Receive prior training in personal safety at a level appropriate for the types of chemicals likely to be encountered;
2. Consult with your personal safety officer;
3. Never go alone into the field;
4. Determine the location of the nearest hospital, clinic or physician beforehand;
5. Receive the appropriate immunizations. Vaccinations for Tetanus, hepatitis B, and typhoid fever are recommended when working near contaminated waters.
6. Notify others of your itinerary and whereabouts;
7. Take precautions against hunters, poisonous reptiles and sudden floods;
8. Carry identification. In addition, if possible, take a two-way telephone or radio with you; and
9. Be aware of all bridge safety regulations. Check with the USGS bridge sampling protocol for guidelines.

10. When handling sample preservatives such as acid, always wear splash-proof goggles and non-contaminating gloves.

STEP 10. Keep Complete Records

A. Recording Minimum Set of Data Elements

On October 29, 1992, the EPA approved the establishment of the minimum set of data elements (MSDE) for ground water quality. The purpose of the MSDE is to share and manage water-quality information effectively at the federal, state, county and local levels of government. The EPA and its contractors are required as policy to use the MSDE; other federal agencies, states, tribes, and localities are encouraged to adopt them where appropriate.

The MSDE consists of 21 data elements. Items 1 through 10 and 17 through 21 below also are applicable to surface water quality sampling. A complete description of these elements is provided in "Definitions for the Minimum Set of Data Elements for Ground Water Quality"; copies can be obtained by calling the Safe Drinking Water Hotline at 1-800-426-4791. Brief definitions of the elements are given below (from EPA Order 7500.1A, 10/29/92, pp. 3-6):

IDENTIFICATION

1. *Data Sources:* The name of the organization to which questions regarding the following data can be directed: 1) latitude and longitude coordinates, 2) altitude coordinate, 3) well log information, 4) sample collection and 5) laboratory sample analyses.

LOCATION

2. *Latitude:* A coordinate representation that indicates a location on the surface of the earth using the earth's equator as the latitudinal origin, reported in degrees, minutes, seconds, and fractions of a second in decimal format (if fractions of a second are available). A "+" (plus) symbol represents latitudes north of the equator. A "-" (minus) symbol represents latitudes south of the equator.
3. *Longitude:* A coordinate representation that indicates a location on the surface of the earth using the prime meridian (Greenwich, England) as the longitudinal origin, reported in degrees, minutes, seconds, and fractions of seconds (if fraction of a second are available). A "+" (plus) symbol represents longitudes "east" of the prime meridian.

4. *Method Used to Determine Latitude and Longitude:* The procedure used to determine the latitude and longitude coordinates, the standard used for three dimensional and horizontal positioning, and the date on which the coordinates were determined.
5. *Description of Entity:* A textual description of the entity (e.g., sampling station) to which the latitude and longitude coordinate refers.
6. *Accuracy of Latitude and Longitude Measurement:* The quantitative measurement of the amount of deviation from true value present in a measurement (estimate of error). It describes the correctness of a measurement.
7. *Altitude:* The vertical distance from the National Reference Datum for Altitude to the land surface or other measuring point in meters (or feet). If the measuring point is above the National Reference Datum for Altitude a "+" (plus) sign shall precede the reported altitude value. If the measuring point is below the National Reference Datum for Altitude a "-" (minus) sign shall precede the reported altitude value.
8. *Method Used to Determine Altitude:* The method used to determine the altitude value, the National Reference Datum on which the altitude measurement is based, and the date the measurement was taken.
9. *State FIPS Code:* A Federal Information Processing Standard (FIPS) alphabetic or numeric code to indicate the state (or its equivalent such as territory or province) in which the well is located.
10. *County FIPS Code:* A FIPS numeric code to indicate the location of the county (or county equivalent such as territory or province) in which the well is located.

WELL INFORMATION

11. *Well Identifier:* A unique well indicator assigned by the responsible organization.
12. *Well Use:* The principal current use of the well; if the well is not currently in use, the original or principal purpose for its construction.
13. *Type of Log:* The type of record-keeping log(s) available for a well.
14. *Depth of Well at Completion:* The depth of the completed well below the land surface or other measuring point, in meters (or feet).
15. *Screened/Open Interval:* The depth below the measuring point to the top and bottom of the open section in a well reported as an interval in meter (or feet). The open section may be a well screen, perforated casing or open hole.

16. *Depth to Water*: The vertical distance between the measuring point and the water surface level at a well, corrected to land surface, where the measuring point is not the land surface. Report this distance in meters (or feet), along with the date and time of measurement.

SAMPLE INFORMATION

17. *Sample Identifier*: A unique number for each water quality sample collected at a well which references the date, the depth at which each sample is taken reported in meters (or feet), and the time the sample is taken.
18. *Constituent or Parameter Measured*: Measurement of a physical, chemical or biological component is referred to as a constituent or parameter.
19. *Concentration/Value*: The analytical results value, the units of measure used, and the analytical methods applied.
20. *Analytical Results Qualifier*: Qualifying information that will assist in the interpretation of the concentration/value, such as whether the level is below the detectable limit or if the constituents (or parameters) of interest are present but cannot be quantified.
21. *Quality Assurance Indicator*: The quality assurance of the field protocol plan and laboratory quality assurance/quality control (QA/QC) procedures.

B. Keeping Field Notes

Modern sample collection in the field requires adequate documentation for quality assurance and control. Maintain a separate file in the office for each station. The sampling station file may contain detailed written notes describing how samples were taken, field measurements, previous laboratory analyses, permission forms, chain-of-custody records, maps, photographs and correspondence. Because of their importance as official and legal documents, make these as legible and complete as possible. The file's location, security and oversight should be described in Part VI. Field Methods and Procedures of your Sampling Plan (see STEP 3).

The recording process is speeded up if one person performs the sampling while the other takes field notes. Use a standard field form if it is available. ADEQ recommends (QAPP, 1991, Sec. 7.3, Field Notes) that the following items be recorded in indelible ink:

- Sampler's identity
- Time and date of sampling
- Significant weather conditions, current and recent
- Sample description (type, volume, grab or composite)

- Site location (preferably cadastral and lat/long coordinates)
- Sample identification (well number, project number)
- Name and address of site/well owner
- Pertinent site/well data (well construction data, pumping schedule and method, waste types, etc.)
- Method and results of field measurements; appearance of sample
- Sampling method(s)
- Reason for sampling
- Type of analysis for which samples are collected
- Signatures of persons making log entries
- Volume of water purged from the well, including the date and time from start to completion of purging
- Preservation methods
- Observations and comments (accessibility, calibration results, divergence from protocols, safety hazard encountered, aquatic organisms present, wildlife, bank conditions, anthropogenic activities, stream-bed composition, photographs, QA/QC methods used, etc.)
- Duplicate sample location
- Field meter calibration results

STEP 11. Collect Samples for Water Quality

Collecting water-quality samples involves not only the process of physically acquiring the best possible sample for the intended analysis, but also characterizing the environment from which the sample was drawn, and handling the sample so as to protect its value for its intended purpose. The goal of sample collection and field measurements is to accurately represent the water resource being sampled at that time. This means obtaining a series of measurements (field parameters or in situ measurements) in a prescribed manner, preserving and maintaining water-quality and QA/QC samples according to established guidelines, and observing chain of custody requirements.

Obtaining a representative sample means being careful in your choice of equipment. If you are sampling for the presence of heavy metals, do not use samplers with metal components. When sampling for organics, avoid using samplers with plastic components, as the plastic may adsorb and contaminate the samples. Most importantly, always decontaminate equipment before use. Once the equipment is decontaminated, wrap inorganic equipment in plastic and organic equipment in aluminum foil for transport to the site.

The proper handling of water quality samples also includes wearing gloves. Gloves not only protect field personnel, but also

prevent potential contamination to the water sample. Always wear powderless, disposable gloves. When sampling for inorganics, wear latex gloves. Nitrile gloves are appropriate for organics.

The following sections provide a field reference for chain of custody procedures, sampling surface water and ground water, and further provide procedures for measuring field parameters and handling water-quality samples.

A. Chain of Custody Procedures

Because a sample is physical evidence, chain of custody procedures are used to maintain and document sample possession from the time the sample is collected until it is introduced as evidence. Chain of custody requirements will vary from agency to agency. However, these procedures are similar and the chain of custody outlined in this manual is only a guideline. Consult your project manager for specific requirements.

If you have physical possession of a sample, have it in view, or have physically secured it to prevent tampering then it is defined as being "in custody." A chain of custody record, therefore, begins when the sample containers are obtained from the laboratory. From this point on, a chain of custody record will accompany the sample containers.

Handle the samples as little as possible in the field. Each custody sample requires a chain of custody record and may require a seal. If you do not seal individual samples, then seal the containers in which the samples are shipped.

When the samples transfer possession, both parties involved in the transfer must sign, date and note the time on the chain of custody record. If a shipper refuses to sign, seal the samples and chain of custody documents inside a box or cooler with bottle seals or evidence tape. The recipient will then attach the shipping invoices showing the transfer dates and times to the custody sheets. If the samples are split and sent to more than one laboratory, prepare a separate chain of custody record for each sample. If the samples are delivered to after hours night drop-off boxes, the custody record should note such a transfer and be locked with the sealed samples inside sealed boxes.

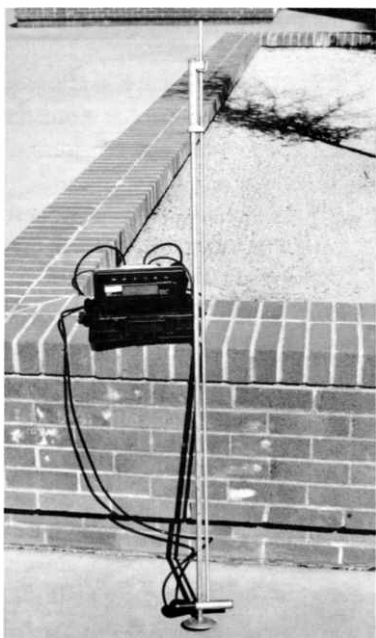
B. Collection of Surface Water Samples

Representative samples may be collected from rivers, streams and lakes if certain rules are followed:

1. Watch out for flash floods! If a flooding event is likely and samples must be obtained, always go in two-person teams for safety. Look for an easy route of escape;
2. Select a sampling location at or near a gaging station so that stream discharge can be related to water-quality loading. If no gaging station exists, then measure the flow rate at the time of sampling, using the streamflow method described below;
3. Locate a straight and uniform channel for sampling;
4. Unless specified in the sampling plan, avoid sampling locations next to confluences or point sources of contamination;
5. Use bridges or boats for deep rivers and lakes where wading is dangerous or impractical;
6. Do not collect samples along a bank as they may not be representative of the surface water body as a whole; and
7. Use appropriate gloves when collecting the sample.

1. River and Stream Sampling

Collection of samples from rivers and stream involves transporting all necessary items to the water-quality station (see checklist in STEP 5), and setting up field notes, instrumentation, filtration equipment (if not performed elsewhere as with microbiologicals), sample containers and decontamination washes near the channel. The first step is to measure all field parameters and then measure streamflow. After collecting and preserving the samples, equipment storage and decontamination will follow. Avoid spills when decontaminating equipment. For remote sites, extra collections equipment may be used to eliminate the need for field decontamination. The USGS and ADEQ have written procedures covering all aspects of surface-water characterization and sampling.



Flow meters are used to measure stream velocity.

a. Field Parameters

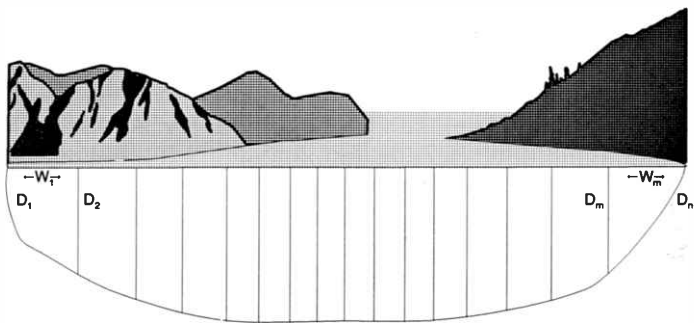
Measure and record the field parameters of temperature, electrical conductivity, pH and dissolved oxygen in an undisturbed section of streamflow. Other parameters may be measured, if desired.

b. Streamflow Measurement

Before collecting water quality samples, record the stream's flow rate at the selected station. The flow rate measurement is important for estimating contaminant loading and other impacts.

The first step in streamflow measurement is selecting a cross-section (Rantz, 1982). Select a straight reach where the stream bed is uniform and relatively free of boulders and aquatic growth. Be certain that the flow is uniform and free of eddies, slack water and excessive turbulence.

After the cross-section has been selected, determine the width of the stream by stringing a measuring tape from bank-to-bank at right angles to the direction of flow. Next, determine the spacing of the verticals. Space the verticals so that no partial section has more than 5 per cent of the total discharge within it.



$$Q = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right) \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) W_1 + \dots + \left(\frac{D_m + D_n}{2} \right) \left(\frac{V_m + V_n}{2} \right) W_m$$

The mid-section method is used for determining stream discharge.

At the first vertical, face upstream and lower the velocity meter to the channel bottom, record its depth, then raise the meter to 0.8 and 0.2 of the distance from the stream surface, measure the water velocities at each level, and average them. Move to the next vertical and repeat the procedure until you reach the opposite bank.

Once the velocity, depth and distance of the cross-section have been determined, the mid-section method can be used for determining discharge. Calculate the discharge in each increment by multiplying the averaged velocity in each increment by the increment width and averaged depth. (Note that the first and last stations are located at the edge of the waterway and have a depth and velocity of zero.) Add up the discharges for each increment to calculate total stream discharge. Record the flow in liters (or cubic feet) per second in your field book.

c. Composite Sampling

Composite sampling is intended to produce a water quality sample representative of the total stream discharge at the sampling station. If your sampling plan calls for composite sampling, use a DH-81 depth-integrating sampler. However, the DH-81 uses different nozzle sizes depending on the velocity and the size of the container. Consult the DH-81 documentation or your project manager for the appropriate size to use in your sampling program.

The equal-width-increment (EWI) method is used to obtain a series of sub-samples. Each sub-sample represents a volume of water taken at equal widths apart from each other at different intervals across the channel.



Churn splitters are used for compositing river samples.

To employ the EWI method, use a tape to measure the bank-to-bank width of flowing water in the channel. Divide the width into equal increments, using a minimum of ten increments for streams as much as 1.5 meters (5 feet) wide, to a maximum of twenty increments in extremely wide channels (Ward and Harr,

1990, p. 8). This will assure enough spacing to allow for discrete sampling at each vertical.

Next, determine the appropriate 'transit rate': go to the deepest part of the channel, face up-stream, and slowly lower the sampler to the streambed at a constant rate; then immediately raise it back to the surface at a constant transit rate. At the correct transit rate the quart jar is about 3/4 full when it returns to the surface. If the jar becomes completely full while lowering the sampler, you must empty it and start over until you find the best transit rate. This may require some practice.



Grab samples of surface water can be collected with a DH-81 sampler (shown here with a stainless steel handle).

Once you have determined the transit rate, empty the sampler and return to the first vertical. Using the appropriate transit rate, lower and raise the sampler at successive verticals until the jar is filled. Hand the jar to your co-worker (who is wearing clean, disposable gloves). The co-worker will then pour the sample into the sample containers or a churn splitter. The churn splitter is a polyethylene vessel that slowly stirs the composited sample with a polypropylene disk. Sample additional verticals until enough sample has been collected for your needs, and add all the required preservatives (*see* STEP 11.E.2). Because the churn splitter requires from 3 to 8 liters of composited water, verticals in a narrow stream may have to be sampled more than once. It is important, however, that all verticals be sampled the same number of times. It is also important to churn while drawing samples from the splitter.

Do not use a churn splitter to composite samples collected for volatile organics, organic carbon, oil and grease, pesticides, herbicides or bacteria, because its plastic components have the potential for adsorbing and contaminating the samples. Instead, use glass containers for sampling these parameters with the grab sampling method.

d. Grab Sampling

Grab sampling is performed when uniform mixing in the river or stream channel makes composite sampling unnecessary, when point samples are desired, when sample degassing may occur, or when the water is too shallow for composite sampling. Record any decision to use grab sampling in the sampling plan.

For streams at least 4 inches (10 cm) deep, collect grab samples in the middle of the channel using a laboratory cleaned or decontaminated glass or plastic container, and add the required preservatives (see STEP 11.E.2).

2. Pond and Lake Sampling

Determining the representative water quality of large bodies of impounded water sometimes will require samples obtained from more than one location. These locations will depend on the objectives of the sampling program, the impact of local contamination sources, and the size of the water body. Obtain quality control samples according to the procedures described in STEP 12.

a. Field Parameters

As in river and stream sampling, measure temperature, electrical conductivity, pH, and dissolved oxygen to assess the three-dimensional variability and stratification of water quality in ponds, lakes and large springs. If a boat is available, measure the change of these parameters throughout the lake with depth by slowly

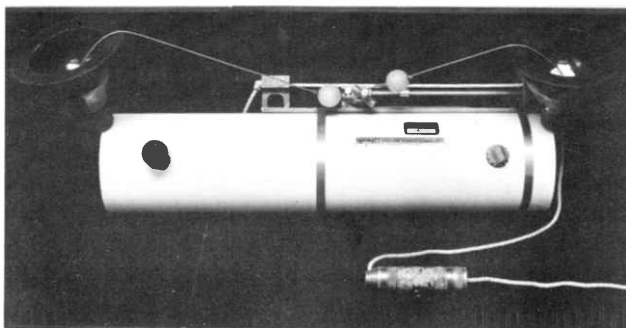


A temperature-pH-conductivity meter is used for measuring physical parameters of water in the field.

lowering and raising the probes at specified locations. Note the depth and location of the readings as accurately as possible. If the lake or pond is stratified, record the depth and thickness of the upper layer (epilimnion), transition zone (metalimnion), and lower layer (hypolimnion). If no boat is available, non-representative measurements can be made as a last resort at several accessible locations along the shore.

b. Onshore Sampling

If no boat is available, collect a surface sample using a one-quart mason jar cleaned using decontamination procedures. (STEP 6). Record the sampling depth and distance from shore in the field log book.



A Van Dorn sampler is used for collecting depth-discrete samples in lakes and ponds.

c. Offshore Sampling

Water samples from lakes and ponds may be obtained with Kemmerer or Van Dorn (Alpha Bottle) samplers. Peristaltic pumps with weighted hoses also may be used. Use containers and pumps made of materials compatible with the parameters to be analyzed and carefully decontaminated before use. In general, rinse the samplers with lake water before collection, and obtain samples with the lowest concentrations (e.g., top before bottom) first. If samples are to be taken for chlorophyll, *do not* acid wash the sampler as the acid quickly destroys chlorophyll. Chlorophyll can be analyzed according to Merker et al (1980).

In shallow lakes (those with fairly uniform dissolved oxygen concentrations with depth), take a sample near the center of the lake at 30 cm (1 foot) depth. In deep lakes that are stratified, obtain samples at a minimum of three depths: 30 cm below the surface, at the top of the hypolimnion, and another at the base of

the hypolimnion, approximately 1 meter or 3 feet above the lake bottom. Be sure not to mix the sample with bottom sediments. (EPA, August 1990, Monitoring Lake and Reservoir Restoration: EPA Office of Water, Washington, DC 20460, EPA 440/4-90-007)

Record the physical parameter measurements, location and depth of each sample taken. Carefully decontaminate the sampler before reuse.

C. Collection of Ground Water Samples

1. Sampling Monitoring Wells

Collecting water-quality samples from wells involves a careful process of physically acquiring the best possible sample for the intended analysis, characterizing the environment from which the sample was drawn, and handling the sample so as to protect its value for its intended purpose. The goal of sample collection and field measurements is to accurately represent the water resource being sampled at that time. This means obtaining a series of measurements (field parameters or in situ measurements) in a prescribed manner, preserving and maintaining water-quality and QA/QC samples according to established guidelines, and observing chain of custody requirements.

Obtaining a representative sample means being careful in your choice of equipment. If you are sampling for the presence of heavy metals, do not use samplers with metal components. When sampling for organics, avoid using samplers with plastic components, as the plastic may adsorb and contaminate the samples. Most importantly, always decontaminate equipment before use. When sampling more than one well on a site, be sure to decontaminate all equipment before using it in another well. When weighting lines, do not use lead weights. In addition, do not use ferrocyanide chalk (blue) as this could introduce contaminants to the water quality sample.

The proper handling of water quality samples also includes wearing gloves. Gloves not only protect field personnel, but also prevent potential contamination to the water sample. Always wear powderless, disposable gloves. When sampling for inorganics, wear latex gloves. Nitrile gloves are appropriate for organics.

a. Open and Measure the Well

First, describe the well's condition and location in the field log book. Is the casing or cap bent, cracked or damaged in any way? Does the well appear to be secure against people or contamination? Are there nearby structures from which its location can be

measured? If so, make a plan-view sketch showing distances from the well to these features to the nearest meter (or foot). If a global positioning system is available, determine the well's latitude and longitude in degrees, minutes and seconds to the nearest fraction of a second.

Next, open the well by unlocking or unscrewing the well cap. In the field log book, record the following information:

- Well number
- Date
- Your name
- Casing diameter
- Casing and screen material (if known)
- Description of the measurement point to be used

In most wells, this is the inner edge of the well's top of casing. If there is an inner and outer casing, use the casing that is highest. If the top of the casing is not horizontal, use the edge that is highest above the ground and mark it with an arrow either scratched into the surface or drawn in waterproof ink. With a decontaminated tape or ruler, measure and record the measuring point's vertical height above the land surface to the nearest 3 cm (0.1 foot). This is called the well's 'stickup'.

If there are no existing wells, then a well should be constructed according to the appropriate guidelines. Contact the Arizona Department of Water Resources (ADWR).

b. Check for Trapped Vapors

Hold the probe of a photo-ionization meter or explosimeter at nose level and take vapor readings around and over the well. If volatile levels in the breathing zone are more than 5 ppm, at least Level C protection is required. This level of personal protection requires wearing a Tyvek suit, air-purifying mask, nitrile or viton gloves, and overboots. **Consult your personal safety officer before testing or sampling this well.**

If the reading in the breathing zone is less than 5 parts per million (ppm) volatiles (Modified Level D) then insert a photo-ionization meter or explosimeter probe into the well casing to measure the degree of personal hazard from trapped vapors. Monitoring wells at landfills and fuel-spill sites are especially susceptible to the buildup of methane and other gases.

c. Measure Water Level

Measure the depth to water below the measuring point to the nearest 3 mm (or 0.01 foot). The objectives of this task are to determine: 1) the altitude of the water table for flow direction studies; and 2) the correct pump size and length of tubing for well purging and water-quality sampling. Make sure the sampling pump is turned off before measuring the water level and that pumping from adjacent wells is not influencing the water level at the sampling site. In most cases, a graduated steel or fiberglass tape or electric sounder is recommended. Cover the bottom of the tape with a water indicator paste, gel or non-ferrocyanide chalk that changes color when wet, or attach a metal cup, or "popper" that makes a "pop" sound when it hits the water's surface.

Electric sounders indicate water contact with either a light, meter or buzzer. After the first water contact, gently raise and lower the probe until the light, meter or buzzer activates. Record the reading at the measuring point. Electric sounders usually are ineffective if there is floating product in the well. Other methods such as a tape, interface probe or clear bailer must be used. If you have any doubt about the accuracy of your water-depth measurement, repeat it as many times as necessary until you get an unambiguous and consistent reading.

Before you put an expensive probe into an unfamiliar well, use a non-leaded weighted line the same size as the probe to verify that you have sufficient access.

d. Plumb Well Depth

If you use an electric sounder, make sure the switch is turned off. Lower the weighted tape or sounding cable all the way to the bottom of the well. Continue reeling out until it feels limp in your hands. Raise and lower the tape or cable several times to ensure that the weight or probe has not become 'hung up' on the casing or screen joints. After you are confident that the maximum depth has been reached, slowly take up the slack. Record the depth below the measuring point to the nearest 3 mm (0.01 foot).

Reel up the tape or cable, and decontaminate it and the reel before its reuse in the next well. Some electric depth sounders allow the complete removal of their electronic components before cleaning so that the entire reel and cable can be safely immersed in decontaminating fluids.

Determining the finished well depth enables you to compare it to driller's log information, to assess the extent of in-screen filling by fine sediments (and therefore the efficiency of well development



An electric sounder measures depth to water.

and the actual open length of the screen interval), to help determine the well's condition for sampling, and to measure the length of cable and tubing necessary to place the pump intake at the optimum depth.

e. Measure and Sample the Oil/Solvent Interface

If volatile vapors or oil-coated tape or cables from depth sounding indicates that fuels or solvents may be inside the well,

decontaminate the equipment, and leave this well for last. (Garrett, 1988, p. 16). When you return later, measure the level and thickness of the hydrocarbon layer with a decontaminated 'interface probe'. Modern devices are accurate to within 1.5 mm (0.005 foot), and feature visual and audible indicators.

Lower the interface probe down the well until the alarm sounds continuously, indicating hydrocarbons have been detected. Record that depth to the nearest 3 mm (0.01 foot). Now continue to slowly lower the probe until the alarm oscillates (changes in intensity), indicating that water has been detected. Record that depth. The difference is the thickness of the hydrocarbon layer. Reel in the probe and decontaminate it thoroughly before reuse.

Use the same procedure for detecting and measuring heavier-than-water solvents at the bottom of the well.

To obtain a sample of the hydrocarbon compounds with a clear, check-valve bailer, first lower the bailer into the well until you can hear it make contact with the oil, or use the depth measured with the interface probe. Now quickly lower the bailer another 30 to 50 cm (1 to 1.5 feet), withdraw it from the well, measure the thickness of the hydrocarbon, and record the results. (Garrett, 1988, p. 16) If you have a camera, photograph the bailer and its contents.

Pour the hydrocarbon into a clean glass container, such as a 40-ml vial with a teflon septum used for VOC samples. Carefully

seal, wipe, label, and store the sample container in a cooler. Preserve with sulfuric acid to pH <2 and cool to 4°C.



An interface probe measures the depth and thickness of hydrocarbons in wells.

If other potential sources of oil or fuels exist in the area, such as tanks, contaminated soils, pipelines or hoses, obtain samples from them so that residues can be compared with the floating product in the well. (Garrett, 1988, p. 16)

Remove the rest of the hydrocarbon with a bailer, and record the volume. If complete removal is impossible due to large volumes in the aquifer, consult with your project manager.

Thoroughly decontaminate the bailer and line before reuse. Use the same procedures, equipment and precautions for detecting and sampling heavy solvents in the bottom of the well.

f. Purge and Sample the Monitoring Well

Removing or 'purging' stale water from the well, pump and tubing to ensure that the sample is representative of aquifer water at the monitored depth is one of the most important aspects of sample collection. Select the method of purging and sampling based on site-specific conditions and goals described in the Sampling Plan under 'Field Methods and Procedures' and submitted to federal and/or state agencies for approval before sample collection takes place.

The low-flow purging method is an effective approach when compared to other methods. However, it was not officially approved by the EPA at the time this manual went to press. Recent studies by the EPA and others regarding sampling for metals and colloidal-associated contaminants recommend both purging and

sampling with a single pump at rates of 0.2 to 0.5 liters per minute. (Puls and Barcelona, 1989, Puls and Powell, 1992, Backhus et al., 1993) The low-flow purge and sample method causes less agitation in the well, and reduces excess turbidity that can affect water quality. It also greatly reduces the volume of purge water, which may be difficult or expensive to dispose of.

To use the low-flow purging method, set the pump intake approximately in the middle of the well screen or open interval. Measure the water level in the well to the nearest 3 mm (0.01 ft) before turning on the pump, and record it in your notebook or form. Purge the well at a low flow rate until field parameters, such as turbidity and dissolved oxygen stabilize. Generally, stabilization criteria for parameter trend analysis are established by the QA/QC officer before ground water purging takes place. Recommended purging criteria are less than 10% change for turbidity or 5% for dissolved oxygen over 3 successive readings 3 to 5 minutes apart. The ADEQ has written guidelines for operating and calibrating different turbidimeters in the field.



A portable turbidimeter measures turbidity.

It is also important to monitor drawdown in the well during purging because excess drawdown from pumping may create locally high entrance velocities of ground water around the well, and increase turbidity. If drawdown exceeds about 0.15m (0.5 ft), the purge rate is too high, and should be gradually reduced. Record the pumping rate and water levels in your field notes.

Once the field parameters have stabilized, fill the sample bottles directly from the end of the tubing at a flow-rate of about 0.1 liters/min. Allow the discharge to flow gently down the inside of the bottle, and cap immediately. However, when sampling for radon, VOCs and other analytes that

quickly degrade by aeration, an alternative method is to insert the tubing into the sample bottle and draw the tubing up as the surface of the water rises (see section E.1 below).

After sampling, carefully remove the pump assembly from the well. The teflon-lined polyethylene tubing can be dedicated to each well by sealing it in a plastic garbage bag and labeling it with the monitoring well number. If possible, store the tubing on-site until the next round of sampling. Decontaminate the pump according to procedures in STEP 6.

Purge volumes, times and impacts from floating hydrocarbons are reduced significantly if an inflatable packer is set above the pump just above the top of the well screen or open interval. (Decontaminate the inflatable packer before use, and be certain that it is made of a material that will not contaminate the samples.) Also, in order to increase resistance to gas transfer during sampling, teflon-lined polyethylene thick-walled tubing is recommended.



Field sampling at a monitoring well.

Various physical parameters, measured before and during well purging and sampling, provide both scientific and legal evidence that the sample is representative of aquifer conditions. Measurements are made with sensitive probes placed in a flow-through cell that are either above or below the pump intake or on the ground surface. These parameters include temperature, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, redox and turbidity. Others (such as specific contaminants) may be measured according to program objectives. Several manufacturers offer probes and meters that are connected to data loggers for easy downloading into computer databases.

Pumps most commonly used and recommended for both purging and sampling are electric submersible, bladder, and gas piston types that are constructed with stainless steel and teflon components. Many types of pumps are available for dedicated

sampling programs, where the pump, wiring and tubing remains in the well over the life of the sampling program. Initial equipment decontamination is necessary.

The photograph shown on the previous page depicts a field sampling scene at a monitoring well. The electric depth sounder (next to the well) monitors drawdown during purging. The table supports the flow-through cell unit for measuring temperature, electrical conductivity, pH, and dissolved oxygen, and a turbidimeter for turbidity measurements. The sample cooler is pictured at the lower right and a 55-gallon drum for storing purge water is at the far right.

Bailers are not recommended for purging or sample collection because they artificially induce chemical changes in the sample and water column by agitation, mixing and aeration. The use of bailers may give you non-conservative water-quality parameters, high turbidity, and de-gassing of VOCs. If bailers must be used for purging and sampling, measure the turbidity and dissolved oxygen of bailed water at 3 to 5 minute intervals and clearly describe the collection method.

2. Sampling Production Wells

Production wells are public-supply, irrigation, stock or industrial wells that already are equipped with pumps. Unlike open monitoring wells, which have an accessible water column for in situ measurements, supply wells have installed pumps, wiring and pipes that may prevent the use of sounding tapes or probes to measure water depth or quality. If there is sufficient access for in situ measurements, turn off the pump and wait for the aquifer to stabilize before taking these measurements.

The ADEQ QAPP (1991, Sec. 8.5.4, Sampling from a Production Well) recommends the following procedure for sampling production wells:

Select the sampling point. Collect the sample as close to the well head as possible, prior to any storage tanks, treatment systems, and distribution supply lines. Samples generally are collected from faucets, plugs, and/or valves in the discharge pipe or in open well systems, at the end of the discharging pipe.

It may be necessary, although less desirable, to install a temporary sampling point in the discharge pipe to obtain a sample. This can be accomplished by drilling and threading a hole in the discharge pipe and installing a faucet or valve. Make sure the sample point you select or install does not introduce any additional turbulence or contamination into the sample. In some situations, the only possible sample point is out of the storage tanks or supply line faucets. If so, record this in the field notes.

When possible, run water at least five minutes through the faucet or valve prior to sampling. Measure field parameters (such as temperature, pH, electrical conductivity, D.O., turbidity) until they stabilize. As with purging monitoring wells, measure and record physical parameters to verify adequate purging has occurred.

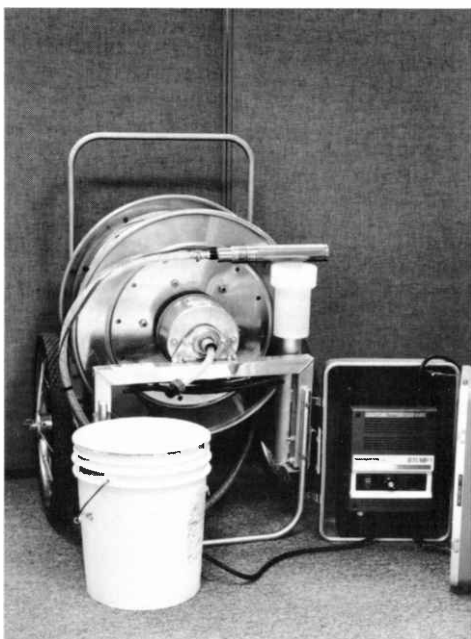
3. Sampling Domestic Wells

Obtain as much information as possible from the homeowner or tenant. This includes well screen depth and length, yield, construction material, diameter, treatment, location, aquifer type, and the name of the well driller. In Arizona wells are registered with the Arizona Department of Water Resources (ADWR), which maintains well characteristic information on all registered wells.

Run the water at the maximum rate for at least five minutes to evacuate the water-storage tank and other plumbing. Record initial and final temperatures, pH and electrical conductivity values. If possible, measure physical parameters every minute until they stabilize. Collect samples as close to the well as possible and before any treatment system. If the end of the faucet has an aerator, carefully remove it (with owner's permission) before obtaining a sample, especially samples for VOC or bacteriological analyses. Record sampling point location, fill sample bottles at a slow rate, and preserve according to program and laboratory requirements.

D. Measuring Total Alkalinity, Bicarbonate and Carbonate

Alkalinity is the ability of salts in the water to neutralize acids. Water that is alkaline has a pH greater than seven. If possible, analysis for this parameter should be done in the field, or if impractical, by a laboratory within 14 days of sample collection.



A portable submersible pump is used for purging and sampling monitoring wells.

Common methods for measuring total alkalinity, bicarbonate and carbonate in water samples include the Fixed End-Point Method and the Incremental Method. Both involve adding a standard solution of sulfuric acid to the sample with a buret or digital titrator and monitoring the change in its pH. The Incremental Method is considered to be more accurate. This procedure, however, requires special equipment.

E. Handling Samples for Water-Quality Analysis

Handling surface-water and ground water samples is easier and more reliable when the following steps are followed consistently:

1. Wear appropriate protective gloves.
2. Custody seal sample bottles.
3. Use only water proof ink when filling out labels.
4. Secure labels with clear tape wrapped around the bottle
5. Use pH paper in the shipping cooler as an indicator of the sample condition.
6. Place a thermometer in the shipping cooler to ensure that samples are adequately preserved enroute to the laboratory.

1. Recommended Order for Obtaining Samples

After obtaining measurements for in situ parameters, collect samples for water-quality analyses in the order of the parameters' degassing sensitivity (EPA, 1986, p. 105):

radon
volatile organic compounds (VOC)
purgeable organic carbon (POC)
purgeable organic halogens (POX)
total organic halogens (TOX)
total organic carbon (TOC)
extractable organics
total metals
dissolved metals
phenols
cyanide
sulfate and chloride
turbidity
nitrate and ammonia
radionuclides
microbiological content (bacteria, viruses)

2. Sampling Procedures for Common Contaminants

Certain compounds require different sampling methods than others. Check with the laboratory that will perform the analysis about container type and volume, preservation and holding times. Clear descriptions of selected analytes, holding times, their rationale and preservatives to be used should be included in the sample plan *before* samples are collected. The USEPA SW-846, ADEQ QAPP (1991, Sec. 8.7) and Garrett (1988, pp. 24-28) include detailed collection procedures. Here are short descriptions of how to collect and handle the most common types according to EPA-Contract Lab Program methodologies for aqueous samples:

a. Radon

1. Dislodge any bubbles in the tubing.
2. Fill one (or more) labeled 40-ml glass vial(s) by inserting decontaminated tubing into the sample bottle and drawing it up as the surface of the water rises until overflowing.
3. Screw cap on snugly with the PTFE (Teflon) side down.
4. Turn vial upside down, tap and check for bubbles. If bubbles appear, add more sample and recap.
5. Fill additional vials for field and equipment blanks, duplicates or split samples, as necessary.
6. Store vials upside down in an ice-filled cooler with a minimum/maximum thermometer at 4 °C.
7. Check with the lab for recommended holding time.

b. Volatile Organic Compounds (VOCs)

Because of their potential to evaporate and degrade, VOC samples require special procedures for collection, preservation and handling. Always use laboratory-cleaned 40-ml amber glass vials, fill them at low-flow rates (<0.5 l/min), preserve with 25 mg of ascorbic acid (if residual chlorine is present) and two or more drops of hydrochloric acid (HCl, a biocide) to reduce the pH to <2, and ship them to the laboratory within recommended holding times. Unless modified by special site factors, the following method for VOC sampling is recommended:

1. Obtain at least four labelled, amber 40-ml vials for each sampling station. Use the first to test for the correct amount of HCl to add to reduce the sample pH to below 2, and the other vials for collecting samples and duplicates. Because the pH of sample water may vary from station to

- station, different amounts of HCl may need to be added to sufficiently reduce its pH to maintain sample integrity.
2. With a clean pipette, add two drops of 1:1 HCl (one drop for every 20 ml) to the sample. Because the acid is heavier than water, it will sink to the bottom. If residual chlorine is suspected or present, add 25 mg of ascorbic acid to the vial. Wearing gloves and splash-proof goggles, fill the pH test vial completely from the pump, open container or faucet. Cap the vial with the septum PFTE (teflon) side down, and shake vigorously for about a minute. Open the vial and test with a pH meter or special litmus paper. If necessary, add another drop of acid and retest until the pH is less than 2. Note the amount of acid used at this station in your field logbook. Pour the sample into the purge water container, and set the vial aside.
 3. Fill out the sample labels in waterproof ink. In addition to your name and the sample number, note the preservative(s) used, and the exact location, date and time of sample collection.
 4. Based on the pH test, add two or more drops of 1:1 HCl with a clean pipette to the second vial. It will sink to the bottom of the vial. **Be careful when handling HCl. It can cause severe burns!**
 5. Holding the vial at an angle, slowly fill it at a low-flow rate of 0.1 l/min to as close to the top as possible. To avoid aeration, an alternative method is to insert the tubing into the vial and draw the tubing up as the water rises. Be careful not to wash out any ascorbic acid, if used.
 6. Fill the cap with sample water and slowly pour it into the vial to form a meniscus (the curved upper surface of the water formed by surface tension).
 7. Screw on the cap so that the PFTE-side of the septum is down. Do not over-tighten!
 8. Turn the vial upside down and tap it with a finger. If any bubbles appear, uncap the vial, add more water to the meniscus, recap, turnover and repeat until none appear.
 9. Shake the vial for one minute.
 10. Repeat steps 4-9 above for QA/QC duplicates, blanks and split samples, if necessary.
 11. Wrap the vials in a bubble pack or other type of padded packing material to prevent breakage. Store the vials upside down in an ice filled cooler at 4°C with a maximum/minimum thermometer, and ship by overnight mail. Keep samples away from organic vapors.
 12. Analyze the samples within 14 days.

c. Semi-Volatile Organics

Use the following procedure for all semi-volatile organics (also called acid-base-neutral extractables):

1. Fill two labeled 1-liter amber glass bottles (complete filling is not necessary).
2. Cap with teflon-lined septum and plastic screw cap.
3. Fill additional bottles for field and equipment blanks, duplicates or split samples, if necessary.
4. Store bottles in an ice-filled cooler with a minimum/maximum thermometer at 4 °C.
5. Make sure laboratory liquid extraction starts within five days.

d. Pesticides/PCBs

Use the same procedure as for semi-volatile organics above.

e. Phenols

Use the same procedure as for semi-volatile organics above, except preserve with sufficient concentrated sulfuric acid to reduce sample pH to <2.

f. Oil and Grease

Use the same procedure as for semi-volatile organics above, except preserve with 5 ml of concentrated sulfuric acid.

g. Metals (Except Mercury)

Use the following procedure for all metals except mercury. Consult your sampling plan to determine if filtered or non-filtered samples are required.

1. Filter sample with a capsule filter, if dissolved metals are to be analyzed.
2. Fill one labeled 1-liter plastic bottle avoiding aeration.
3. Add nitric acid to reduce pH below 2. **Use gloves and splash-proof goggles when handling acid.**
4. Cap with plastic screw cap liner.
5. Fill additional bottles as above for field and equipment blanks, duplicates or split samples, as necessary.

6. Store bottles in an ice-filled cooler with a minimum/maximum thermometer at 4 °C.
7. Analyze within 6 months.

h. Mercury

Use the same procedure as for low level metals, except the sample holding time is 28 days instead of 6 months.

i. Cyanide

1. Fill one labeled 1-liter plastic bottle avoiding aeration. The label should state "CN analysis, NaOH preserved"
2. Pour off top 1/2 inch of sample.
3. Add 0.6 grams of ascorbic acid if residual chlorine is present.
4. Add sodium hydroxide pellets until pH > 12 (check with lab to determine correct amount).
5. Cap with plastic screw cap liner.
6. Gently mix for two minutes.
7. Fill additional bottles as above for field and equipment blanks, duplicates or split samples, if necessary.
8. Store bottles in an ice-filled cooler with a minimum/maximum thermometer at 4 °C.
9. Analyze within 2 days (ADEQ) or 12 days (EPA). Check with laboratory.

j. Gross Alpha and Gross Beta

This procedure is based on the ADEQ Method. (ADEQ QAPP, 1991, Sec. 8.7)

1. Fill two labeled 1-liter plastic or glass bottles, avoiding aeration.
2. Cap with screw cap.
3. Fill additional bottles for field and equipment blanks, duplicates or split samples, as necessary.
4. Deliver to the lab within five days.
5. Lab personnel will add nitric or hydrochloric acid to reduce pH < 2, and analyze the sample after 16 hours.

k. Uranium, Radium

This procedure is the same as for Gross Alpha and Gross Beta except that the sample must be acidified either in the field or within five hours after collection.

l. Bacteria

The ADEQ and the Arizona Department of Health Services (ADHS) have a detailed, 9-page guidance entitled "Procedures for Collecting and Processing Stream Water Samples for Bacteriological Analysis." Use this field method for analysis of fecal coliform and streptococci bacteria. The method requires specialized equipment, such as sterile, buffered solution water, Whirl-pak bags, Petri dishes, sterile membrane filters, pipets, and incubator and a binocular microscope. If heavy metals are suspected, an appropriate chelating agent (e.g. EDTA) is added prior to sterilization. Because of its length, the guidance is not reproduced here but is available through the Surface Water Monitoring Unit at ADEQ in Tucson or Phoenix.

m. Viruses

This procedure employs the ADEQ Method (ADEQ QAPP, 1991, Sec. 8.7).

1. Fill out information on one 1-gallon ziploc bag with a waterproof pen.
2. Assemble clean sampling equipment in the following order: inlet hose, portable pump, connecting hose, filter, housing unit, connecting hose, flow meter, and outlet hose. If the well has a pump, then connect the equipment (without the portable pump) to the faucet tap. Be sure the outlet hose is far from the inlet hose.
3. Pump 40 to 1,000 liters (10 to 250 gallons) of water through the filter at approximately 4 liters per minute.
4. Wearing non-contaminating gloves, carefully unscrew the filter housing and remove the filter with tweezers.
5. Place the filter in a ziploc bag along with the remaining water left in the housing unit and seal bag tightly.
6. Seal this bag in another ziploc bag.
7. Store bag in ice-filled cooler.
8. Ship to the laboratory within 24 hours.
9. Decontaminate all equipment in contact with sample water by circulating a solution of 5% chlorine bleach for at least 20 minutes, followed by a solution of 10% sodium thiosulfate and 0.1-micron filtered water to neutralize the chlorine, followed by flushing with 100 gallons of water.
10. Take an equipment blank sample from the final flush water and have it analyzed for viruses (check with lab for required volume).

STEP 12. Obtain Quality Control Samples

Both federal and state QA/QC offices require the collection of additional samples called equipment blanks, field blanks, travel blanks, duplicates, and split samples. These samples are used to check the quality of decontamination, collection, and handling procedures to verify that they have not affected sample-water quality. The number, type and handling of QA/QC samples are clearly specified in the sampling plan.

EPA Region 9 guidance states that all three types of blanks do not have to be collected every day; instead, one blank per day is sufficient with the order of preference being equipment, field and travel blanks. Travel blanks are mostly used for VOC analyses. All QA/QC samples should be sent blind to the laboratory.

The **Lab QC Sample** is collected for each 10 samples collected or one per week, whichever is greater. This sample is not an additional sample, but a special designation for an existing one. Collect a double volume sample (i.e., twice as many containers as a normal sample.) Containers must clearly be identified as a lab QC sample.

Equipment blanks consist of containers filled with the final rinse water from equipment decontamination. Once analyzed, they reveal the effectiveness of cleaning of field equipment. Collect equipment blanks after sampling the surface water or ground water station with the highest contamination. One per day of sampling is sufficient.

Field blanks are containers of deionized water that are filled at the sampling station, then labeled, packaged, sealed and shipped to the laboratory like other samples. They check for contamination in the laboratory and for cross-contamination during the collection and shipment of the samples. The laboratory requires one field blank for each day of sampling.

Travel blanks are containers of deionized water prepared by the laboratory. They are kept in the same sample cooler as the other samples at every stage of the collection, handling and shipment process. Back at the lab they are analyzed for VOC parameters. If contaminants are found, they could be attributed to contamination that occurred during sample transport, storage or in the lab. At least one for each sample shipment is required.

Duplicate samples are used to check the precision of field collection or laboratory analyses. Duplicates are collected at the same time as the water quality sample at a rate of one in every ten or 10 percent per day, whichever is greater. Collect a duplicate sample from a station that is believed to have elevated levels of a particular compound.

Split samples are additional water quality samples that are collected and handled identically as the others in the field, but are sent to a different laboratory or as a blind sample for analyses to the same lab, as a check on laboratory handling and procedures. Split samples are often most collected at a facility during compliance monitoring.

Background samples are collected to check the results of site evaluation sampling. Background samples are used to establish the background conditions, and are obtained hydraulically upgradient from contaminant sources.

STEP 13. Pack and Ship Samples

Wrap and pack samples securely so that sample containers are received unbroken at the laboratory. Be sure to pack the blanks in the same way as all other samples, so that the laboratory cannot identify the blanks. Note all identification numbers in the field log book.

The EPA, ADEQ, ADHS, and Mexican agencies all have specific procedures and forms for sample shipment and chain-of-custody protocols. Agency QA/QC offices are consulted when the sample plan is developed. Make sure that you understand all aspects of these procedures.

Ensure that the laboratory has been notified of the time of sample delivery and how the samples will be shipped (by the field sampler, bus, courier, or other). For example, ADHS has "Chain of Custody Record" and "Chemical Analysis Submittal" labels and forms that accompany samples to be analyzed by the state laboratory.

STEP 14. Dispose of Purge and Decontamination Waters

Water and other wastes generated as a result of well purging or equipment decontamination must be disposed of properly. Consult with the responsible federal and state agencies of the United States and Mexico (ADEQ, EPA or SEDESOL, depending on the site location) before sampling takes place, and clearly describe in the Sampling Plan how both uncontaminated and contaminated water (and other wastes) will be handled in the field. In general, do not dispose of purge and decontamination water on site unless the water has been analyzed and found to be non-hazardous. If the water exceeds recommended standards, drum and store it on site in a safe area until disposal by accepted methods is possible.

REFERENCES

- ADEQ, 1995, "Fixed Station Network Procedures Manual for Surface Water Quality Monitoring," Arizona Department of Environmental Quality Technical Manual TM 96-1, December 22, 1995, 240 pp.
- ADEQ QAPP, 1991, "Quality Assurance Project Plan," Arizona Department of Environmental Quality, Office of Water Quality, Phoenix, Arizona, May, 1991, 209 pp.
- ASTM (American Society for Testing Materials), 1992, "ASTM Standards on Ground Water and Vadose Zone Investigations," ASTM, ASTM Pub. Code # 03,418192-38.
- Backhus, D.A., J.N. Ryan, D.M. Groher, J.K. MacFarlane, and P.M. Gschwend, 1993, "Sampling Colloids and Colloid-Associated Contaminants in Ground Water," *Ground Water*, 31(3), p. 466-479.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1986, "RCRA Groundwater Monitoring Technical Enforcement Guidance Document," OSWER - 9950.1, Washington, D.C.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1990, "Monitoring Lake and Reservoir Restoration," Office of Water, Washington, D.C., EPA 440/4-90-007.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1991, "Handbook: Ground Water, Volume II, Methodology," ORD, Washington DC, EPA/625/6-90-/016b, 141 pp.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1992, "Consensus Method for Determining Groundwaters Under the Direct Influence of Surface Water Using Microscopic Particulate Analysis (MPA)," EPA Region 10, October 1992.

All EPA publications can be printed from EPA's Web site:
<http://WWW.EPA.GOV/EPAHOME/Publications.htm/>

EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1992, "Pocket sampling Guide for Operators of Small Water Systems," Office of Ground Water and Drinking Water, Cincinnati, OH 45268, EPA/814-B-92-001, 94 pp.

EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1993, "Preparation of a U.S. EPA Region 9 Sample Plan for EPA-Lead Superfund Projects," EPA Region 9, Quality Assurance Management Section, San Francisco, CA, August 1993.

Garrett, P., 1988, "How to Sample Ground Water and Soils," National Water Well Association, Dublin, OH, 37 pp.

Marker, A.F.H., C.A. Crowther, and R.J.M. Gunn, 1980, "Methanol and Acetone as Solvents for Estimating Chlorophyll A and Phaeopigments by Spectrophotometry," Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 14, Stuttgart, Ger., Sept. 1980, pp. 52-69.

Nielsen, D.M., 1991, "Practical Handbook of Ground-Water Monitoring," Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI 717pp.

Puls, R.W. and M.J. Barcelona, 1989, "Ground Water Sampling for Metals Analyses," EPA Ground Water Issue, U.S. EPA, ORD, Washington, D.C., EPA/540/4-89/001, 6 pp.

Puls, R.W. and R.M. Powell, 1992, "Acquisition of Representative Ground Water Quality Samples for Metals," Ground Water Monitoring Review, Summer 1992, XII(3):167-176.

Rantz, S.E. and others, "Measurement and Computation of Streamflow: Volume 1. Measurement of Stage and Discharge," U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2175.

Ward, J.R. and C.A. Harr, editors, 1990, "Methods for Collection and Processing of Surface-Water and Bed-Material Samples for Physical and Chemical Analyses;" U.S. Geological Survey Open-file Report 90-140, 71 pp.

* All EPA publications can be printed from EPA's Web site:
<http://WWW.EPA.GOV/EPAHOME/Publications.htm/>

GLOSSARY OF ACRONYMS

Organizations

ADEQ	Arizona Department of Environmental Quality
ADHS	Arizona Department of Health Services
ADWR	Arizona Department of Water Resources
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
CNA	Comisión Nacional del Agua
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
IBWC	International Boundary Water Commission
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
ITSON	Instituto Tecnológico de Sonora
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SSP	Secretaría de Salud Pública
SIUE	Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología
USGS	U.S. Geological Survey
WRRRC	Water Resources Research Center, University of Arizona

Other Acronyms

CERCLA	Comprehensive Environmental Restoration Compensation and Liability Act
EWI	Equal Width Increment
FIPS	Federal Information Processing Standard
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
MSDE	Minimum Set of Data Elements
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PCB	Polychlorinated biphenyl
POC	Purgeable Organic Carbon
POX	Purgeable Organic Halogen
QAPP	Quality Assurance Project Plan
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
STORET	EPA STOrage & RETrieval data system (water quality)
TOC	Total Organic Carbon
TOX	Total Organic Halogen
UTM	Universal Trans Meridian
VOC	Volatile Organic Compounds

CONTACT LIST FEDERAL AND STATE WATER QUALITY AGENCIES

MEXICO

Federal Level

CILA

Comisión Internacional de Límites y Aguas

Jose de Jesus Quintanar G.

Blvd. del Ensueño # 550-3

Col. Lomas de Fátima

84050 Nogales, Sonora, México

Tel: (01152) 631-2-51-40

Fax: (01152) 631-2-51-40

UNITED STATES

Federal Level

EPA, Region IX

Environmental Protection

Agency, Region IX

Evelyn Wachtel

Water Management Division

75 Hawthorne St. (W-2)

San Francisco, CA 94105

Tel: 415-744-2125

Fax: 415-744-1072

Email: wachtel.evelyn@

EPAMAIL.EPA.GOV

IBWC

International Boundary and
Water Commission

Samuel A. Rhodes

Field Engineer

P.O. Box 6759

Nogales, AZ 85628-6759

Tel: 520-281-1832

Fax: 520-281-1565

EPA, Region VI

Environmental Protection

Agency, Region VI

Oscar Cabra, Jr., PE

Border Coordinator

Water Quality Protection Div.

1445 Ross Avenue

Dallas, TX 75202-2733

Tel: 214-665-7101

Fax: 214-665-6490

Email: cabra.oscar@

EPAMAIL.EPA.GOV

USGS, Regional Office

United States Geological
Survey

Dean Radtke, Hydrologist

375 S. Euclid Ave.

Tucson, AZ 85719-6644

Tel: 520-670-6307 ext. 269

Fax: 520-670-5592

Email: dbradtke@usgs.gov

State Level

ADEQ

Arizona Department of
Environmental Quality
Water Quality Division
Mario Castañeda
3033 N. Central Avenue
Phoenix, AZ 85012
Tel: 800-234-5677/602-207-4409
Fax: 602-207-4528
Email: castaneda.mario@
EV.STATE.AZ.US

ADEQ, Southern Region
Arizona Department of
Environmental Quality
Jim DuBois &
Melinda Longworth
Water Quality Division
Southern Regional Office
400 W. Congress, Ste. 433
Tucson, AZ 85701
Tel: 520-628-6733
Fax: 520-628-6745

ADHS

Arizona Department of
Health Services
William Humble
Office of Risk Assessment
and Investigations
1400 W. Washington St.
Phoenix, AZ 85007
Tel: 602-542-7310
Fax: 602-542-1753

ADHS

Arizona Department of
Health Services
Maura D. Mack, PhD
Arizona Coordinator
Environmental Health
Education Project
2501 E. Elm Street
Tucson, AZ 85716
Tel.: 520-795-9756
Fax: 520-795-1365

ADWR

Arizona Department of Water
Resources
Greg Wallace
Chief Hydrologist
500 N. Third St.
Phoenix, AZ 85004-3903
Tel: 602-417-2448
Fax: 602-417-2401

ADWR, SCAMA

Arizona Dept of Water
Resources, Santa Cruz Active
Management Area
Placito Dos Santos
857 West Bell Road
Suite #3
Nogales, AZ 85621
Tel: 520-761-1814
Fax: 520-761-1869

ADWR, TAMA

Arizona Dept of Water
Resources, Tucson Active
Management Area
Kathy Jacobs
400 W. Congress Street
Suite 518
Tucson, AZ 85701
Tel: 520-770-3800
Fax: 520-628-6759

INDEX

acid-base-neutral extractables	37
ADEQ (see Arizona Department of Environmental Quality)	
ADEQ Sample Plan	4
Alpha	24, 38
ammonia	34
analytical results qualifier	16
Arizona Department of Environmental Quality	4-5, 10-12 16, 19, 30, 32, 35, 38-39, 41
Arizona Department of Health Services	39
ascorbic acid	8, 35-36, 38
bacteria	8, 22, 34, 39
biocides	5
breathing zone	26
CERCLA (see Comprehensive Environmental Restoration Compensation and Liability Act)	
Comprehensive Environmental Restoration Compensation and Liability Act	2
chain-of-custody	5, 16, 41
chloride	13, 34
chlorine	8, 35-36, 38-39
churn splitter	7, 22
composite sampling	21, 23
contaminated soils	29
cyanide	7-8, 34, 38
decontamination	8-9, 19, 24, 32, 40-41
depth-discrete samples	24
depth-integrating sampler	21
DH-81	7, 9, 21-22
DH-81 sampler	7, 22
dissolved oxygen	3, 6-7, 10, 20, 23-24, 30-32
duplicate sample	5, 17, 40
electric depth sounder	32
Environmental Protection Agency	4-5, 9, 14, 25, 29, 34-35, 38, 40-41
EPA (see Environmental Protection Agency)	
EPA Region 9	5, 9, 40
equipment blank	39
EWI method	21
explosimeter	7, 26

fecal coliform	8, 39
Federal Information Processing Standard	15
field blank	40
field sampling equipment	6
FIPS (see Federal Information Processing Standard)	
flow rate	19-20, 30, 36
Geographic Information System	11
GIS (see Geographic Information System)	
Global Positioning System	7, 10-12, 26
GPS (see Global Positioning System)	
grab sampling	22-23
grease	8, 22, 37
Gross Alpha	38
Gross Beta	38
health and safety	1, 3-4, 7, 13
health and safety procedures	3
herbicides	22
High Pressure Liquid Chromatography	8-9
HPLC (see High Pressure Liquid Chromatography)	
HPLC-grade, organic-free water	9
hydrochloric acid	5, 8-9, 35, 38
INEGI (see Inst. Nacional de Estadística Geografía e Informática)	
Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática	2, 10
interface probe	8, 27-29
Kemmerer sampler	7, 24
lake sampling	23
low-temperature storage	5
lab QC sample	40
measuring point	3, 15-16, 26-27
mercury	37-38
metals	6, 8-9, 17, 25, 29, 34, 37-39
Minimum Set of Data Elements	14
MSDE (see Minimum Set of Data Elements)	
nitrate	34
nitric acid	37

PCB (see Polychlorinated biphenyl)	
pesticide	8-9
pH	3, 6-7, 10, 19, 23, 29, 31-38
phenols	8, 34, 37
photopoint	12
physical positioning	7, 10
Polychlorinated biphenyl	37
popper	7, 27
POC (see purgeable organic carbon)	
POX (see purgeable organic halogen)	
pre-preserved bottles	5-6
pre-preserved sample containers	6
preservatives	5-6, 8, 14, 22-23, 35
purge	29-32, 36, 41
purgeable organic carbon	34
purgeable organic halogen	34
QA/QC (see Quality Assurance/Quality Control)	
QAPP (see Quality Assurance Project Plan)	
Quality Assurance Indicator	16
Quality Assurance Project Plan	1, 4, 16, 32, 35, 38-39
Quality Assurance/Quality Control	1, 6, 16-17, 25, 30, 36, 40-41
quality control samples	23, 40
radionuclides	34
Radium	38
Radon	8, 30, 34-35
request for entry	2
Safe Drinking Water Hotline	14
sample identifier	16
sampling array	1
sampling stations	1-2, 11-12
SEDESOL	41
semi-volatile organics	8, 37
sodium thiosulfate	5, 8, 39
station coordinates	11
sulfuric acid	8, 29, 34, 37

teflon	7-8, 28, 31, 35-37
temperature	3, 5, 7, 10, 20, 23, 31-33
TOC (see total organic carbon)	
topographic quadrangle	11
total organic carbon	34
total organic halogen	34
TOX (see total organic halogen)	
transit rate	22
turbidity	10, 30-32
Tyvek	7, 26
U.S. Geological Survey	2, 10
uranium	38
Van Dorn sampler	24
viruses	34, 39
viton gloves	26
VOC (see volatile organic compounds)	
volatile organic compounds	7, 28, 30, 32-35, 40
well identifier	15

UNITS, ABBREVIATIONS AND CONVERSION FACTORS

To Convert From:	To:	Multiply By:
To Convert To:	From:	Divide By:
Length		
miles (mi)	feet (ft)	5,280
miles (mi)	kilometers (km)	1.609
feet (ft)	meters (m)	3.048
inches (in)	millimeters (mm)	25.4
Area		
miles ² (mi ²)	acres (ac)	640
hectares (ha)	meters ² (m ²)	10,000
acres (ac)	feet ² (ft ²)	43,560
acres (ac)	hectares (ha)	2.471
Volume		
acre-feet (a-f)	gallons (gal)	325,851
acre-feet (a-f)	feet ³ (ft ³)	43,560
meters ³ (m ³)	liters (l)	1,000
meters ³ (m ³)	feet ³ (ft ³)	35.310
feet ³ (ft ³)	liters (l)	28.320
feet ³ (ft ³)	gallons (gal)	7.481
liters (l)	quarts (qt)	1.057
Flow		
feet ³ /second (cfs)	liters/minute (lpm)	1,699
feet ³ /second (cfs)	gallons/minute (gpm)	448.831
feet ³ /second (cfs)	million gallons/day (mgd)	0.6464
Mass		
English tons	pounds (lb)	2,000
metric tons	kilograms (kg)	1,000
pounds (lb)	ounces (oz)	16
kilograms (kg)	pounds (lb)	2.207
ounces (oz)	grams (g)	28.349
liters H ₂ O (l)	kilograms (kg)	1
feet ³ H ₂ O (ft ³)	pounds (lb)	62.4
Pressure		
millibars (mb)	Pascals (Pa)	10
millibars (mb)	pounds/inch ² (psi)	14.5
atmospheres (atm)	millibars (mb)	0.001
atmospheres (atm)	centimeters Hg (cm)	11,033.27
atmospheres (atm)	feet H ₂ O (ft)	33.99
Concentration		
parts/million (ppm)	milligrams/liter (mg/l)	1
parts/million (ppm)	tons/acre-foot	0.00136

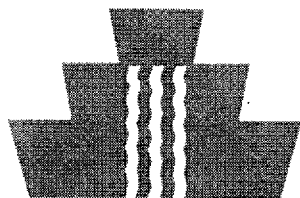
MANUAL DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

ARIZONA WATER RESOURCES RESEARCH CENTER

College of Agriculture
The University of Arizona
350 N. Campbell Avenue
Tucson, Arizona 85719

Teléfono: 520-792-9591
Fax: 520-792-8518
Correo Electrónico: wrrc@ccit.arizona.edu
Web: <http://ag.arizona.edu/AZWATER/>

Primera impresión: Marzo 1995
Segunda impresión: Julio 1996



Water Resources Research Center

MANUAL DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Este documento fue preparado por El Centro de Estudios de los Recursos del Agua de Arizona (WRRC) en cooperación con El Departamento de Calidad Ambiental de Arizona (ADEQ).

EL CENTRO DE ESTUDIOS DE LOS RECURSOS DEL AGUA DE ARIZONA

El Centro de Estudios de los Recursos del Agua de Arizona conduce, apoya y coordina estudios relacionados al agua y produce publicaciones para divulgar información a una amplia audiencia desde el público en general hasta los profesionistas expertos en esta materia.

EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD AMBIENTAL DE ARIZONA

El Departamento de Calidad Ambiental de Arizona deberá preservar, proteger, y mejorar el medio ambiente y la salud pública, y deberá ser un guía en el desarrollo de políticas públicas para mantener y mejorar la calidad del aire, suelo, y los recursos de agua de Arizona.

Favor de enviarnos sus comentarios sobre el manual para mejorarlo. ADEQ va a recaudar todos los comentarios y WRRC va a los incorporará (cuando sean apropiados) en la revisión futura del manual programada a fines de 1996. Favor de Evaluación y Apoyo Hidrológico, División de Calidad del Agua, Departamento de Calidad Ambiental de Arizona, 3033 N. Central Avenue, Phoenix, AZ 85012 (en Arizona: 800-234-5677 ext. 4409 ó 602-207-4409).

Este manual está impreso en papel impermeable y resistente a roturas. Manténgalo lejos de aceite mineral y otros alifáticos y será casi indestructible. El manual también puede ser impreso de la página Web del WRRC, <http://ag.arizona.edu/AZWATER/>.

PREFACIO

El propósito de este manual de campo es el de servir como una guía de referencia de campo para la colección de muestras para determinar la calidad del agua superficial y subterránea. Información más detallada puede ser encontrada en materiales de referencia del Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ). Entrenamiento adicional deberá ser provisto antes de realizar el muestreo de la calidad del agua en el campo.

El objetivo más importante de este manual es proveer protocolos consistentes del muestreo de campo para las diversas agencias e individuos que requieren información de la calidad del agua. Sin embargo, no es la intención de reemplazar el plan de muestreo. La versión en español de este manual está dirigida para ayudar a los problemas de muestreo ambiental que están surgiendo en la frontera entre los Estados Unidos y México. El aumento del manejo de la calidad del agua en la frontera requerirá protocolos integrados de muestreo y análisis, en los cuales la elaboración de este manual puede auspiciar.

Aunque este manual describe técnicas que reflejan el estado-del-arte, las metodologías y tecnologías de muestreo continúan siendo innovadas. La intención de éste manual no es el limitar las técnicas de muestreo, sino proveer un protocolo común que pueda ser comparado con otras técnicas. De esta manera, aquellos que deseen usar otros métodos o equipos pueden hacerlo siempre y cuando estas variaciones sean documentadas en la libreta de campo y el reporte final de muestreo.

RECONOCIMIENTOS

La preparación de este documento fue posible por la Water Quality Division, Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ), 3033 N. Central Avenue, Phoenix, AZ 85012, y la U.S. Environmental Protection Agency. Este documento fue escrito por Doug Heath con apoyo técnico y logístico provisto por Todd Rasmussen, Gary Woodard, Susanna Eden, Joe Gelt, y Rodrigo González del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), y científicos de la Universidad de Sonora (UNISON). Alison Simcox revisó borradores anteriores. Más apoyo técnico fue provisto por Mario Castañeda, Melinda Longsworth, James DuBois, Wayne Hood, III, de ADEQ, Dean Radtke de la USGS, y Roseanne Sakamoto de la EPA, Región 9. La traducción a español fue provisto por Vicky Freedman y revisado por Herlinda Grajeda.

Por parte del Water Resources Research Center, el uso de cualquier marca o materiales nombrados en este manual no constituye ningún comercial para dichos productos.

Se han hecho todos los esfuerzos para asegurar que la información provista en este manual sea completa y precisa. Sin embargo, los procedimientos de muestreo de calidad de agua varían entre agencias y se actualizan con regularidad. Consulte los protocolos de la agencia si tiene preguntas.

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	ii
RECONOCIMIENTOS	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
PROTECCION DE LA SALUD Y SEGURIDAD	1
FASE I. EL PLAN	1
PASO 1. Selección de Estaciones Potenciales de Muestreo de Calidad del Agua	1
A. Revisión de Información Existente	2
B. Permiso de Inspección, Construcción y Medida	3
C. Establecimiento de una Estación de Muestreo	3
PASO 2. Plan de Muestreo a través de la Frontera de los EEUU y México	4
PASO 3. Preparar un Plan de Muestreo	4
FASE II. PREPARACIÓN	6
PASO 4. Obtención de Envases y Preservadores Químicos ..	6
PASO 5. Colección y Revisión del Equipo de Muestreo de Campo	7
PASO 6. Limpieza de los Equipos de Muestreo	11
PASO 7. Calibración de Equipo del Campo	12
PASO 8. Ubicación y Descripción de la Estación de Muestreo	12
A. Localización Física del Lugar	12
B. Determinación de las Coordenadas de Estación	13
C. Fotografías de la Estación	14
FASE III. EL MUESTREO	15
PASO 9. Cumplimiento de las Guías de Salud y Seguridad.	16
PASO 10. Mantenimiento de Archivos Completos	16
A. Colección Mínima de Elementos de Datos	16
B. Mantenimiento de Notas de Campo	19
PASO 11. Colecta de Muestras para la Calidad del Agua ..	20
A. Formato de Custodia	21
B. Colecta de Muestras de Agua Superficial	21
1. Muestreo de Ríos y Arroyos	22
a. Parámetros del Campo	23
b. Aforo de Ríos	23
c. Muestreo Compuesto	24
d. Muestreo Simple Instantáneo	26
2. Muestreo de Estanques y Lagos	26
a. Parámetros del Campo	26
b. Muestreo en los Bordos de Lagos	27

c. Muestreo a Distancia de los Bordes	27
C. Colecta de Muestras de Aguas Subterráneas	28
1. Muestreo de Pozos de Observación	29
a. Apertura y Medida del Pozo	29
b. Revisión de Vapores Atrapados	30
c. Medición del Nivel del Agua	30
d. Profundidad Exacta del Pozo	31
e. Medida y Muestra en la Interfase de Aceite/Solvente	32
f. Purgado y Muestreo de Pozos de Observación	33
2. Muestreo de Pozos de Producción	36
3. Muestreo de Pozos Domésticos	37
D. Medida de Alcalinidad Total, Bicarbonato y Carbonato	38
E. Manejo de Muestras para el Análisis de la Calidad del Agua	38
1. Orden Recomendado para la Obtención de Mues- tras	38
2. Procedimientos para Contaminantes Comunes	39
a. Radón	39
b. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs)	40
c. Orgánicos Semivolátiles	41
d. Plaguicidas/PCBs	42
e. Fenoles	42
f. Aceite y Grasa	42
g. Metales (Excepto Mercurio)	42
h. Mercurio	43
i. Cianuro	43
j. Alfa Total y Beta Total	43
k. Uranio, Radio	44
l. Bacterias	44
m. Virus	44
PASO 12. Obtención de Muestras de Control de Calidad	45
PASO 13. Empacado y Envío de Muestras	46
PASO 14. Desecho de las Aguas Purgadas y de Descontaminación	47
REFERENCIAS	48
GLOSARIO DE SIGLAS	50
LISTA DE CONTACTOS	51
INDICE	53
UNIDADES, ABREVIATURAS Y FACTORES DE CONVERSION	57

PROTECCION DE LA SALUD Y SEGURIDAD

Antes de intentar un muestreo de calidad del agua, deberá estar enterado de los requisitos apropiados de salud y seguridad. Debido a que muchas veces la colección de muestras se hace en sitios contaminados o lejos de atención médica inmediata es importante seguir todos los requisitos de salud y seguridad (*vea PASO 9*).

FASE I. EL PLAN

Antes de que la investigación de la calidad de agua sea realizada, es necesario tener información sobre los sitios de muestreo, los parámetros a muestrear y los métodos que serán utilizados. Esta información es requerida para preparar planes federales o estatales de muestreo (*vea PASO 3*). Además, el muestreo no puede proceder hasta que un plan haya sido desarrollado especificando las localizaciones, el número de muestras, el tipo de muestra, el número y tipo de muestras de control de calidad (QA/QC), y la calidad deseada de los datos. Las personas que colectan las muestras son responsables del muestreo, manejo de las muestras y del mantenimiento de los datos, estrictamente de acuerdo al plan de muestreo.

PASO 1. Selección de Estaciones Potenciales de Muestreo de Calidad del Agua

Las estaciones de muestreo son seleccionadas durante el desarrollo del plan de muestreo (*vea PASO 3*). Cuando Ud. elija estaciones, considere los objetivos de muestreo, los análisis de laboratorio, los análisis estadísticos así como los requisitos para el manejo de datos. Cuando varios individuos o departamentos son responsables de estos diferentes aspectos del proyecto de muestreo, desarrolle el plan de muestreo consultando con las personas o departamentos involucrados. Si el investigador tiene la responsabilidad primaria de la selección de las estaciones de muestreo, él deberá consultar con los individuos apropiados y revisar toda la información disponible a fin de contestar todas las preguntas siguientes (ADEQ QAPP, 1991):

- ¿Se puede obtener las muestras durante todo el año (Ej. un pozo de temporada) y a todas las descargas?
- ¿Dónde deberán colectarse las muestras para medir la calidad regional o local del agua?
- ¿Se han identificado todos los sitios de muestreo existentes?
- ¿Cuáles de estos sitios deberán ser incorporados, de ser posible, en el programa de muestreo?

- ¿Cuán eficiente es el número de redes de muestreo? (demasiadas muestras e insuficiente número de muestras deberán ser evitadas)
- ¿Es adecuado el tamaño de la muestra para obtener resultados estadísticamente válidos?

A. Revisión de Información Existente

Para determinar las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua superficial y subterránea, es necesario primero recaudar la información disponible acerca de las ubicaciones de estaciones de muestreo existentes en arroyos, ríos, lagos, pozos de observación y de extracción. Las fuentes de información mas importantes son:

- Bases de datos mantenidas por agencias federales, estatales y locales
- Cartas topográficas del U.S. Geological Survey (USGS) e Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)
- Información sobre el uso del terreno incluyendo fotografías aéreas
- Reportes publicados e inéditos, estudios y datos
- Mapas geológicos y mapas de niveles piezométricos.

El estudio de esta información puede revelar la necesidad de establecer nuevas estaciones para lograr los objetivos del muestreo. Una estación es un sitio específico cerca de o en un cuerpo de agua, o en un pozo o grupo de pozos en la cual se recoge una muestra. Su ubicación es fundamental para el éxito del programa de muestreo. Para ser efectivas, las estaciones de muestreo deberán ser ubicadas en localizaciones óptimas en el sistema del flujo hidrológico para evaluar la calidad del agua y detectar contaminación de fuentes "punto" o distribuidas. Por ejemplo, una estación deberá estar ubicada en o cerca de una estación de aforo, para que se puedan tomar simultáneamente datos sobre el flujo y la calidad del agua en un río. Posiblemente más pozos de observación sean necesarios para determinar el grado de degradación por malas prácticas de desecho alrededor de los sitios de contaminación. Si este tipo de sitios de muestreo no están disponibles, se deberá establecer nuevas estaciones utilizando la mejor información disponible. Los sitios en dónde serán establecidas las nuevas estaciones deberán ser identificados durante el desarrollo del plan de muestreo.

B. Permiso de Inspección, Construcción y Medida

Después de que el número, tipo y localización de estaciones han sido estimados, se tiene que obtener el acceso legal de todos los dueños u operadores de la propiedad para realizar un reconocimiento de sitio. Una solicitud escrita u oral de permiso de entrada debería incluir una descripción de las actividades propuestas de inspección, construcción y muestreo.

En muchos casos, oficiales federales, estatales y locales y contratistas designados tienen autoridad estatutaria para realizar investigaciones del campo en fuentes de contaminación sospechosas y conocidas, como sitios de RCRA y CERCLA en los Estados Unidos. Para tales oficiales, el acceso legal tiene un rango desde permiso verbal hasta una orden administrativa de cateo. Investigadores no afiliados con el gobierno tienen que obtener permiso escrito de los dueños u operadores de la propiedad. Si es posible, ofrezca al dueño una copia de los resultados de muestreo y análisis. Sin importar su afiliación, asegúrese de avisar a la agencia local de protección del ambiente o de salud antes de realizar los estudios del campo. Cuando establezca una estación nueva, informe a los dueños u operadores que por lo menos tres visitas pueden ser requeridas antes de que se realice la muestra final (PASO 2.C abajo).

Cualquiera que sea el propósito de la visita, siga todos los procedimientos establecidos para la protección de la salud y seguridad cuando entre a trabajar en un sitio determinado.

C. Establecimiento de una Estación de Muestreo

Si se están incorporando nuevas estaciones, describa su número, tipo, ubicación y construcción antes de seguir con el proceso de muestreo. Por lo menos tres visitas pueden ser requeridas para establecer estaciones nuevas antes de que se realice la muestra.

1. Seleccione y examine las estaciones potenciales a través de un reconocimiento para asegurar que el cuerpo del agua superficial o pozo esté ubicado en la localización óptima para proveer datos sobre la calidad del agua. En un río, por ejemplo, elija una sección en donde el canal esté lo más plano, lo más derecho, accesible, y uniforme en profundidad, por lo menos 100 metros (330 pies) río arriba de una confluencia, y cerca de un punto de referencia tal como un puente, roca grande o árbol. Si el río está corriendo, mida su temperatura, pH, conductividad eléctrica, u oxígeno disuelto a intervalos y profundidades regulares en una sección transversal del canal para probar el grado de mezcla del agua. La variabilidad de

estos parámetros le ayudará en decidir si el sitio se puede usar o no. Un canal bien mezclado requiere menos muestras para ser compuestas que un canal que muestra cambios distintos desde un punto a otro. Otras consideraciones importantes son las ubicaciones de fuentes de contaminación río arriba y río abajo y su impacto en la calidad del agua, y si se puede tener acceso a la estación a todas las descargas.

2. Para establecer una estación de agua subterránea, investigue los pozos existentes de observación o de extracción y determine la facilidad de acceso y condiciones generales. Baje una cinta u otro instrumento para medir hasta el fondo del pozo y determine su profundidad total. Revise los archivos para determinar los detalles de la construcción del pozo, litología, profundidad al agua, resultados de las pruebas de agua subterránea, la ubicación y el tamaño de la ranura, y la profundidad original del pozo;
3. Instale un pozo de observación de acuerdo a las reglas federales o estatales y pruebe sus propiedades hidrológicas (Ej. pruebas de aforo y bombeo). Recoja y describa las muestras del suelo y agua durante la construcción del pozo; y
4. Localice la ubicación del punto de medida para cada estación (Ej. puente, desagüe, aforo, ademe del pozo) con una precisión de 3 mm (0.01 pie) en la vertical y de 25 metros (80 pies) en la horizontal (EPA, 1991), y localice en un mapa con un esquema y fotografías.

PASO 2. Plan de Muestreo a través de la Frontera de los EEUU y México

Si las estaciones quedan al otro lado de la frontera entre los Estados Unidos y México, hay acciones adicionales que se deben tomar. En México, cualquier permiso para realizar investigaciones de campo, colecta de muestra y manejo de información sobre la calidad del agua, debe ser autorizado por el gobierno Mexicano a través de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA).

PASO 3. Preparar un Plan de Muestreo

La EPA y la ADEQ requieren la preparación de un plan de muestreo antes de que las muestras de calidad del agua sean tomadas. La referencia de la EPA es "Preparación de un Plan de Muestreo en Proyectos 'Superfunds' de la U.S. EPA Región 9" con fecha Noviembre 1992 (disponible en la Sección de Manejo de Control de Calidad en la Región 9). La referencia del ADEQ es "Plan de Proyecto de Certificación de Calidad," con fecha Mayo 1991 (disponible en la ADEQ Water Quality Division en Phoenix). El plan de muestreo para proyectos bajo la jurisdicción de la EPA

deben tener una Hoja Portada (Formato de la EPA) y los siguientes Componentes del Plan de Muestreo:

- I. Objetivo(s)
- II. Investigaciones Anteriores
- III. Mapas
- IV. Justificación
- V. Solicitud de Análisis
- VI. Métodos y Procedimientos de Campo
- VII. Plan de Salud y Seguridad

Para proyectos bajo la jurisdicción del Estado de Arizona, existen cuatro planes tipo de muestreo que están disponibles dependiendo del tipo y extensión del proyecto:

1. Plan de Muestreo ADEQ;
2. Plan Condensado de Muestreo de Agua Subterránea;
3. Plan Ambiental de Muestreo de Agua Superficial;
4. Plan Genérico de Muestreo para Investigaciones de Calidad del Agua Superficial.

Las secciones requeridas son semejantes al plan de muestreo de la EPA, pero están en un orden diferente y utilizan formularios de la ADEQ.

Los planes de muestreo de la EPA son requeridos por la Región 9 de la EPA de los Estados Unidos, para todos los proyectos federales de 'Superfund' y del RCRA. Utilice planes de muestreo de la ADEQ para todo los demás sitios en Arizona. Póngase en contacto con la ADEQ para más información.

Las reglas oficiales tienen la intención de asegurar que un plan completo y consistente de muestreo haya sido desarrollado antes de que se realice el muestreo. Un plan de muestreo completo protege a la agencia que recopila las muestras contra errores u omisiones que podrá comprometer o invalidar los resultados del muestreo. Las muestras de calidad del agua son caras y requieren mucho tiempo, por lo tanto asegúrese de que las muestras servirán a los objetivos del proyecto antes de empezar.

Después de preparar el plan de muestreo, mándelo a la agencia responsable para su aprobación. Aunque su programa de muestreo no requiera autorización oficial, el preparar un plan que siga reglas de agencias federales o estatales es una buena práctica. Un buen plan de muestreo en realidad ahorra tiempo porque puede ser usado para varios muestreos y se podrá aplicar a una variedad de proyectos. Tenga en cuenta los objetivos del muestreo de tal manera que no sean malgastados, tiempo y dinero a través de la

adquisición de datos que son demasiado precisos o no lo suficientemente precisos para sus objetivos.

FASE II. PREPARACIÓN

En las semanas antes de que las muestras de calidad del agua sean colectadas de acuerdo a un plan aprobado de muestreo, varios pasos tienen que ser tomados. Los pasos del 4 al 8 describen estas actividades.

PASO 4. Obtención de Envases y Preservadores Químicos

Los envases limpios de muestreo, preservadores y hieleras son generalmente en los Estados Unidos provistos por el laboratorio. Póngase en contacto con el laboratorio un mes antes de la fecha del muestreo para programar los análisis y embarques de los envases. Siga de una cadena de custodia cuando las hieleras y envases sean preparados, sellados y enviados. Estos permanecerán sellados hasta que sean usados en el campo. Cuando haga los arreglos con el laboratorio, asegúrese de pedir envases suficientes, incluyendo aquéllos para muestras en blanco y duplicados. Pida botellas extra de muestreo en caso de que existan roturas o contaminaciones en el campo.

Algunas muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio. Los preservadores químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico, ascórbico, e hidróxido de sodio, tiosulfato de sodio y biocidas. Muchos laboratorios proveen botellas que ya contienen cantidades medidas de preservadores. Aunque la mayoría de las agencias federales y estatales permiten el uso de envases de muestreo pre-preservados, algunas pueden requerir temperaturas frías o el agregado de químicos para conservar la muestra directamente en el campo (vea PASO 11).

Cuando se reciben los envases y preservadores del laboratorio, asegúrese que ninguno se haya derramado. Considere que muchos preservadores pueden quemar los ojos y la piel, y tienen que ser manejados con cuidado. Las botellas para muestras deben ser etiquetadas con el tipo de químicos (preservadores) usados, el tipo de análisis a realizarse, y ser acompañado con una Hoja de Información de Material y Seguridad. Asegúrese que los envases que contienen la sustancia preservadora pueden ser fácilmente identificados, porque hay que tener cuidado en no sobrellenarlas cuando se toman las muestras en el campo. Consulte con el laboratorio para los procedimientos del control de calidad cuando se usan los envases con preservadores.

Las hieleras usadas para el transporte de las muestras tienen que ser bastante grandes para almacenar envases, materiales de empaque y hielo. Obtenga hieleras extra si es necesario. Nunca almacene las hieleras y envases cerca de solventes, combustible u otras fuentes de contaminación o combustión. En tiempo caloroso, mantenga las hieleras y muestras en la sombra.

PASO 5. Colección y Revisión del Equipo de Muestreo de Campo

La obtención de muestras representativas de agua superficial y subterránea comúnmente requieren muchas provisiones y equipo. Asegúrese de estar preparado. Sobretodo, esto es importante si el sitio de muestreo queda lejos de su oficina, lo cual hace difícil para reabastecerse de provisiones o recoger artículos olvidados. Recoja, revise y calibre su equipo dentro de 24 horas antes del muestreo. Además, re-calibre medidores de pH y oxígeno disuelto en el campo antes de usar. La lista de provisiones en las páginas siguientes es una guía útil para muchos proyectos de muestreo.

Revise todo el equipo electrónico y que las baterías (pilas) operen apropiadamente. Inspeccione la separación de las columnas en termómetros de vidrio. Asegúrese que el largo de la tubería es suficiente para alcanzar las profundidades al agua. Descarte tubería y cables grietados o descolorados. Si Usted tiene duda sobre las condiciones de un equipo particular, lleve un reemplazo. Esto le ahorrará un viaje largo de vuelta a la oficina o la posibilidad de no violar las reglas de QA/QC.

También, el obtener una muestra representativa quiere decir que hay que tener cuidado en elegir el equipo de campo. Si Ud. está muestreando para la presencia de metales, no use muestreadores con componentes de metales. Cuando se muestrean para orgánicos, evite el uso de muestreadores con componentes plásticos, puesto que el plástico podría absorber y contaminar las muestras. Sobre todo, siempre descontamine el equipo antes de usar. Una vez descontaminado, envuelva el equipo limpio inorgánico en celofán y el equipo limpio orgánico en papel aluminio para el transporte al sitio.

LISTA DE PROVISIONES PARA MUESTREO DE AGUA

Sobrevivencia en Campo

- Mapa de localización de estaciones
- Tarjeta de Negocios, Credencial del Trabajo
- Autorización (carta, etc.)
- Libreta de campo
- Plumas, marcadores con tinta indeleble y lápices
- "Masking Tape" y ligas
- Formas de itinerario de viaje
- Formas de caminos de viaje
- Formas de anotación de fotos
- Formas de datos de campo
- Formas de formato de custodia
- Otras formas
- Llaves o códigos de seguridad para portones y candados
- Lubricante de grafito (no aceite lubricante ni aceite de motor) para candados y tapas de pozo
- Botiquín de primeros auxilios, cuchillo
- Repelente contra insectos (Lávese bien las manos después de aplicarse)
- Sombrero, bloqueador solar, agua para beber
- Lentes de sol o lentes de seguridad
- Guantes de cuero
- Zapatos de seguridad, botas de goma y/o botas altas impermeables
- Impermeable para lluvia
- Caja de herramienta con herramientas básicas
- Cinta para medir
- Linterna con pilas extras
- "Walky-talky," teléfono celular
- Binoculares
- Radio AM/FM para el tiempo

- Uniforme
- Cuerda
- Extinguidor (tipo B)
- Casco liviano

Salud y Seguridad

Especializadas

- Trajes "Tyvek," guantes descontaminados, cinta, lentes de seguridad, mascarilla, filtros extras
- Explosímetro o medidor de fotoionización

Localización física

- Cámara, rollo
- Mapa topográfico
- Cinta de medir
- Fotografías aéreas (opcional)
- Sistema de posicionamiento global (opcional)

Medición de Parámetros de Campo

- Cronómetro
- Calculadora
- Termómetros sin mercurio (2)
- Medidor de pH y buffers, cinta indicadora de pH
- Medidor de turbidez
- Pluviómetro
- Medidores, sondas de temperatura, conductividad, redox y oxígeno disuelto y pilas
- Juego(s) apropiado(s) de "Hach"
- Celda de Flujo
- Copias de los manuales de fabricantes del equipo de campo
- Regla de madera de 1.8 metros (6 pies)

Agua Superficial

- Medidor de flujo, varilla, y cinta de medir
- Muestreador "DH-81" (con boquilla de Teflón y empaque para VOC)
- Botella "kemmerer" o muestreador de Van Dorn e hilo
- Muestreador de D-77 para ríos grandes
- Frascos de vidrio (1 cuarto de galón)
- Batidora de separación
- Pala descontaminada
- Chaleco salvavidas

Agua Subterránea

- Sonda eléctrica de nivel de agua o cinta graduada (3 mm/0.01 pie) con pasta, gelatina, tiza sin ferrocianuro o indicador sonoro del nivel del agua
- Pesos sin plomo
- Muestreador transparente de plástico (para aceite)
- Sonda de zona de interfase
- Tarraja de tubería, adaptadores de tubería, llaves o válvulas
- Envases para agua purgada
- Llave inglesa
- Bomba y tubería
- Generador eléctrico para la bomba
- Aire comprimido para la bomba
- Balde calibrado

Muestreo

- Hieleras selladas y envases de muestreo
- Bolsas de hielo
- Termómetro de temperatura máxima y mínima sin mercurio
- Mesa plegable
- Hojas plásticas de polietileno (1 por estación)

- Rollo de papel desechable, KIM-wipes, esponja para aceite
- Tapas recubiertas con teflón (para radón y orgánicos volátiles y semivolátiles)
- Tiosulfato de sodio o ácido ascórbico (para orgánicos volátiles si cloro está presente)
- Preservadores (Ej. HNO₃, HCl, H₂SO₄, HgCl₂)
- Prueba de cloro residual
- Frascos de vidrio (Radón y orgánicos volátiles)
- Botella de vidrio ámbar (para orgánicos semivolátiles)
- Acido sulfúrico concentrado (para fenoles, aceite y grasa)
- Filtros, 0.45 micrones (para metales disueltos)
- Botellas de plástico con tapa de rosca (para metales)
- Acido ascórbico y pelets de hidróxido de sodio (para cianuro)
- Guantes de nitril o de latex

Limpieza/Descontaminación

- Detergente sin fosfatos "Alconox"
- Agua de llave "Carboy" (1 galón por pozo)
- Agua deionizada (DI) Carboy (2 galones por pozo)
- Agua libre de orgánicos Carboy - grado HPLC (0.5 galones por pozo)
- Botella de goma flexible para el agua DI
- Enjuague de 0.1 N ácido clorhídrico (para muestras con metales)
- Solvente grado de pesticida, como hexano (para muestras con compuestos orgánicos volátiles o no volátiles)

Limpieza/Descontaminación
(cont.)

- Solución de 10% de tiosulfato de sodio (0.25 galones para muestras de virus)
- Cloro blanqueador (1 galón para muestras de virus)
- Bomba de mano esparcidora para limpiar líquidos
- Vasija de descontaminación (basurero de plástico)
- Rollo de papel aluminio
- Bolsa de plástico para contener equipo desechable
- Guantes de nitril

Otros

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Muestreo Microbiano

- Bolsas de plástico con sellado
- Desechables guantes descontaminados de nitril o latex
- Equipo de filtración, tubería, bomba, medidor de flujo
- Filtros
- Bolsas de Whirl-pak esterilizadas (coliformes fecales y E. Coli)
- Agua deionizada y esterilizada
- Pinzas de teflón
- Jabón antibacteriano
- Estante del muestreo bacteriano

PASO 6. Limpieza de los Equipos de Muestreo

Todos los equipos que tienen contacto con una muestra de calidad del agua o una estación de muestreo deben ser limpiados cuidadosamente antes de reusarlos. Algunos ejemplos son bombas, tuberías, muestreadores “DH-81,” equipo de filtración, sondas o cintas de nivel de agua, sondas de zona de interfase y muestreadores transparentes de plástico. Con excepción de los filtros, que se desechan después de usarlos. La oficina de la Región 9 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos recomienda que se limpien los equipos de muestreo utilizando el siguiente procedimiento de descontaminación (EPA, Agosto 1993, “Preparación de un Plan de Muestreo U.S. EPA Región 9 en Proyectos ‘Superfunds’ dirigidos por la EPA,” Sección de Manejo de Certificación de Calidad en la Región 9, San Francisco, CA.)

1. Limpie con detergente sin fosfatos;
2. Enjuague con agua de la llave;
3. Enjuague con una solución al 10% de ácido clorhídrico (si es que existe la posibilidad de contaminación de metales);
4. Enjuague con agua deionizada/destilada;
5. Enjuague con solvente grado plaguicidas (si es que existe la posibilidad de contaminación por medio de orgánicos semi-volátiles o volátiles);
6. Enjuague dos veces con agua deionizada/destilada;
7. Enjuague con agua libre de compuestos orgánicos de grado “HPLC”;
8. Seque con aire o ventile con nitrógeno en un ambiente sin polvo; y
9. Envuelva el equipo limpio inorgánico en celofán y el equipo limpio orgánico en papel aluminio para el transporte al sitio.



Se usan los detergentes sin fosfatos para lavar y descontaminar el equipo.

Si se dispone de varios juegos de herramientas de muestreo, como uno para cada estación, la descontaminación puede ser realizada en tandas al principio o al final del día de muestreo. Esto ahorra tiempo y reduce el número de blancos de campo necesarios.

PASO 7. Calibración de Equipo del Campo

El equipo de campo usado para medir los parámetros físicos tiene que ser calibrado antes de que se puedan tomar las muestras de calidad del agua. Ya que hay una variedad de instrumentación usada para el muestreo de la calidad de agua, lea siempre las indicaciones del fabricante que describen la operación y calibración de los equipos. Lleve consigo copias de los manuales fabricantes al sitio. Además existen manuales que describen procedimientos de calibración para temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y medidores de turbidez. Estos también están disponibles en las oficinas de la USGS y de la ADEQ. Documente los resultados de la calibración de acuerdo a estos procedimientos y anote los resultados en la libreta de campo.

PASO 8. Ubicación y Descripción de la Estación de Muestreo

La ubicación y el número de identificación de una estación de muestreo (punto de monitoreo) de calidad del agua deberán ser exactamente marcados en un mapa a escala grande con una X, círculo o punto. Esto no sólo permite al personal del campo encontrar fácilmente las estaciones, sino también permite que los datos sean digitalizados en una base de datos por computadora. En los Estados Unidos, cartas topográficas de la USGS a una escala de 1:24,000 son comúnmente usadas. En México, cartas topográficas a una escala de 1:50,000 son disponibles del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Otras escalas pueden ser utilizadas, tales como las que se usan en instalaciones industriales (Ej. 1:2,400). Además, el dibujar bosquejos de sitios que muestran caminos, edificios, árboles y otros puntos de referencia no mostrados en las cartas topográficas ayudan a ubicar estaciones de muestreo.

A. Localización Física del Lugar

La localización física se lleva a cabo midiendo en metros o pies la distancia horizontal entre la estación (como el ademe del pozo) y otros rasgos físicos, traduciendo esa distancia en un mapa, y marcando la ubicación con una X, círculo, punto u otro símbolo. Los rasgos útiles para referencia sobre cartas topográficas son caminos, edificios, líneas eléctricas, aguas superficiales, o cambios

repentinos de pendientes. Dibuje la estación y sus alrededores en la libreta de campo.

Las herramientas comunes para medir distancias son listadas enseguida, en orden descendente con respecto a su exactitud.

1. Triangulación
2. Distanciómetro electrónico
3. Cinta de medir
4. Cinta de medir con gancho en la punta para que quede sujetado (para poder usarla sólo)
5. Medidor de rueda de distancia
6. Telémetro
7. Sistema de posicionamiento global
8. Medida a pasos
9. Odómetro del auto

Otros métodos menos directos como la estimación visual de la ubicación de una estación en fotografías aéreas de baja altura también pueden ser utilizados si las medidas en el terreno son imprácticas.

B. Determinación de las Coordenadas de Estación

Para cumplir con los estándares nacionales del manejo de datos, mida y anote las coordenadas en unidades de grados, minutos, segundos y fracciones de latitud y longitud. Comúnmente, se miden las coordenadas de ubicación en una de las cuatro maneras siguientes. La manera menos cara es sobreponer una planilla a escala en la ubicación de la estación en el cuadrángulo topográfico, usando coordenadas como UTM, y leer los grados, minutos y segundos en los ejes de norte-sur (latitud) y de este-oeste (longitud). La segunda manera es emplear un topógrafo profesional. La tercera manera es digitalizar ubicaciones de un mapa utilizando la tecnología del Sistema de Información Geográfica (GIS). La cuarta manera es usar un instrumento portátil del sistema de posicionamiento global (GPS).

La tecnología de GIS ha crecido en popularidad como una herramienta del manejo de datos y de cartografía. Se pueden obtener las coordenadas de la estación en latitud/longitud u otra proyección con un GIS en forma digital partiendo de sus ubicaciones en un mapa que ya tiene coordenadas establecidas, como una carta topográfica de USGS. La digitalización simplemente quiere decir que un punto es marcado con un cursor magnético en una mesa de digitalización. La exactitud del método es tan buena como la precisión del mapa y la ubicación trazada. Un gran número de los

puntos o aéreas podrían ser digitalizados con un GIS en un tiempo corto.

Un sistema de posicionamiento global consiste de un receptor portátil o transmisor que recibe las transmisiones con códigos de una variedad de satélites de navegación. La exactitud de las coordenadas de ubicación depende de la geometría, número y frecuencia de transmisión del satélite. Otros factores, tales como la interferencia de edificios, cerros, vegetación y líneas eléctricas cercanos, también puede afectar la exactitud. Se pueden obtener las coordenadas en una estación en un tiempo de 4 o 5 minutos, y almacenarlas en la unidad para su recuperación posterior. Se mejora la exactitud cuando se controlan también las transmisiones del satélite en una estación base cercana.



Usando un sistema de posiciones globales para ubicar un pozo.

C. Fotografías de la Estación

En Octubre de 1992 el Arizona Department of Environmental Quality (ADEQ) estableció pautas para fotografiar estaciones de muestreo del agua superficial. Las guías presentadas en los párrafos siguientes conservan la mayoría del lenguaje de la ADEQ, pero son adaptadas para estaciones de muestreo del agua subterránea y superficial.

Saque fotografías de los Sitios de las Estaciones Fijas con regularidad con el propósito de documentar el sitio. Saque suficientes fotografías en la primera visita al sitio para establecer un archivo completo de fotos del sitio y sus alrededores. (Esto también le ayudará a una persona en su primera visita a ubicar el sitio.) Después de la primera visita, saque fotos según los procedimientos delineados abajo.

Saque fotos del sitio en cada visita desde los puntos-de-foto establecidos y constantes. El punto-de-foto preferido se determina naturalmente, como un árbol o roca grande. Por ejemplo, el fotógrafo puede recargar su espalda en el tronco de un árbol específico para sacar una de las fotografías requeridas en cada visita al sitio. Si no hay puntos de referencia naturales en un sitio dado, trate de marcar el punto-de-foto de una manera semipermanente, por ejemplo un montón de piedras. En la primera visita al sitio, describa los puntos-de foto en detalle en la libreta de campo. Anótelos en los archivos del sitio como una parte permanente del mismo.

Incluya a una persona en la foto del punto de muestreo para mostrar la escala. Para una estación de agua superficial, saque dos fotos usando película de diapositiva de Kodachrome (K-64) desde 1) Río arriba del punto de muestreo mirando al punto de muestreo río abajo; 2) Río abajo del punto de muestreo mirando río arriba al punto de muestreo.

Saque fotos adicionales si se da cuenta de que hay un cambio significativo en los alrededores del sitio, como erosión excesiva del canal, azolvamiento intenso, construcción reciente u otros cambios biológicos o ecológicos que requieran documentación. En las fotos, destaque los aspectos que cambiarán la calidad del agua.

Al recibir las diapositivas reveladas, póngales etiquetas con la información siguiente: la identificación del sitio, el nombre del sitio, la fecha y la hora, y la orientación de la foto. Ponga las diapositivas de cada sitio en un folder transparente de 8-½ x 11 pulgadas (21.6 x 27.9 mm) y guárdelos con el archivo respectivo del sitio.

En la última visita al sitio, repita las mismas fotos que fueron tomadas en la primera visita (desde los mismos puntos-de-foto) para documentar los cambios que ocurrieron en la vida del sitio.

FASE III. EL MUESTREO

Cuando los pasos necesarios de planificación y preparación se hayan terminado, Usted estará listo para coleccionar las muestras. La colección de las muestras tiene cuatro componentes importantes que siempre deben de tenerse en cuenta. El primero y el más importante es la salud y la seguridad personal. Asegúrese que Usted y todo el personal bajo su supervisión hayan tenido el entrenamiento apropiado de seguridad y que Usted se adhiera a todas las precauciones indicadas en su plan de muestreo.

El segundo componente más importante es la colecta de la muestra representativa. El objetivo principal de cualquier plan de muestreo es coleccionar una muestra que representa la calidad del agua a ese punto en tiempo.

El tercer componente es el control de calidad, descrito en PASO 11.

El cuarto componente más importante es el mantenimiento de archivos (PASO 10, abajo). Los archivos completos y precisos son esenciales.

PASO 9. Cumplimiento de las Guías de Salud y Seguridad

Antes de intentar la colección de muestras de la calidad del agua, Ud. tiene que estar enterado de los requisitos apropiados de salud y seguridad. Debido a que la colecta de muestras se realizará en sitios contaminados o en lugares remotos, lejos de atención médica inmediata, es importante lo siguiente:

1. Recibir entrenamiento de seguridad personal a un nivel apropiado para los tipos de químicos que se pueden encontrar;
2. Consultar con un oficial de seguridad;
3. Nunca salir solo al campo;
4. Determinar la ubicación del hospital, clínica o médico más cercanos;
5. Reciba las inmunizaciones apropiadas. Se recomiendan vacunas de tétano, hepatitis B y fiebre tifoidea si Ud. estará cerca de aguas contaminadas.
6. Notificar a otros de su itinerario y ubicaciones;
7. Tomar precauciones contra cazadores, reptiles venenosos e inundaciones repentinas;
8. Llevar identificación. Además, si es posible, lleve consigo un teléfono o radio de comunicación, y
9. Conozca todas las reglas de la seguridad en puentes. Consulte con el protocolo de muestreo sobre puentes de la USGS para más información.
10. Cuando se manejan preservadores tal como ácido, siempre use lentes de seguridad y guantes no contaminados.

PASO 10. Mantenimiento de Archivos Completos

A. Colección Mínima de Elementos de Datos

El 29 de Octubre de 1992, la EPA aprobó el establecimiento de la colección mínima de los elementos de datos (CMED) para la calidad del agua subterránea. El propósito de la CMED es el de compartir y administrar efectivamente la información de la calidad del agua en los niveles federales, estatales y municipales de gobierno. La EPA y sus contratistas deben como política usar la CMED;

se aconseja a otras agencias, estados, tribus y localidades que la adopte.

La CMED consiste de 21 elementos. Los artículos del 1 al 10 y del 17 al 21 abajo son aplicables también al muestreo de la calidad del agua superficial. Una descripción completa de estos elementos se encuentra en "Definiciones para la Colección Mínima de los Elementos de Datos para la Calidad del Agua Subterránea"; se puede conseguir una copia de ellas llamando al número 1-800-426-4791. Definiciones breves de todos los elementos son dadas enseguida (EPA Order 7500.1.a, 10/29/92, pp. 3-6):

IDENTIFICACIÓN

1. *Fuentes de los Datos:* El nombre de la organización a la cuál se pueden dirigir las preguntas referentes a los datos siguientes: 1) las coordenadas de latitud y longitud 2) la coordenada de altitud, 3) información del registro geológico del pozo, 4) la colecta de muestras, y 5) los análisis de laboratorio de las muestras.

UBICACION

2. *Latitud:* Una representación de coordenadas que indica una ubicación en la superficie de la tierra usando el ecuador de la tierra como el origen latitudinal, reportada en grados, minutos, segundos y fracciones de segundo en un formato decimal (si una fracción de segundo está disponible). Un símbolo de "+" (más) representa las latitudes al norte del ecuador. Un símbolo de "-" (menos) representa latitudes al sur del ecuador.
3. *Longitud:* Una representación de coordenadas que indica una ubicación en la superficie de la tierra usando el meridiano primario (Greenwich, Inglaterra) como el origen longitudinal, reportada en grados, minutos, segundos y fracciones de segundos (si una fracción está disponible). Un símbolo de "+" (más) representa un longitud al este del meridiano primario.
4. *Método Usado para Determinar Latitud y Longitud:* El procedimiento usado para determinar las coordenadas de latitud y longitud, el estándar usado para determinar las posiciones de tres dimensiones y horizontales, y la fecha en la cuál las coordenadas fueron determinadas.
5. *Descripción de la Entidad:* Una descripción textual de la entidad (Ej., estación de muestreo) a la cuál se refiere la coordenada de latitud y longitud.
6. *Precisión de las Medidas de Latitud y Longitud:* Una medida cuantitativa de la cantidad de desviación del valor verdadero presente en una medida (estimación del error), lo cuál describe la exactitud de la medida.

7. *Altitud*: La distancia vertical desde el Dato de Referencia Nacional para Altitud a la superficie de la tierra u otro punto de medida en metros (o pies). Si el punto de medida queda arriba del Dato de Referencia Nacional para Altitud, un símbolo de “+” tiene que preceder el valor reportado de altitud. Si el punto de medida queda abajo el Dato de Referencia Nacional para Altitud, un símbolo de “-” (menos) tiene que preceder el valor reportado de altitud.
8. *Método usado para Determinar Altitud*: El método usado para determinar el valor de altitud, el Dato de Referencia Nacional en el cuál la medida de altitud está basado, y la fecha en la cuál la medida fue tomada.
9. *Código FIPS del Estado*: Un código numérico o alfabético del Estándar del Proceso de Información Federal (FIPS) que indica al estado (o su equivalente) como un territorio o provincia) en la cuál el pozo está ubicado.
10. *Código FIPS del Condado*: Un código numérico del FIPS para indicar la ubicación del condado (o municipio equivalente como territorio o provincia) en el cuál se encuentra el pozo.

INFORMACION DEL POZO

11. *Identificador del Pozo*: Un indicador único del pozo asignado por la organización responsable.
12. *Uso del Pozo*: El actual uso principal del pozo; si el pozo no está en uso actualmente, el propósito original o principal de su construcción.
13. *Tipo de Registro*: El tipo de registro (ej., litológico, geofísico) disponible para un pozo.
14. *Profundidad del Pozo al Terminar*: La profundidad del pozo terminado bajo la superficie de la tierra u otro punto de medida, en metros (o pies).
15. *Intervalo Abierto/Ranurado*: La profundidad bajo el punto de medida a la superficie y al fondo en la sección abierta en un pozo reportado como un intervalo en metros (o pies). La sección abierta puede ser una ranura de pozo, tubería ranurada o un pozo abierto.
16. *Profundidad del Nivel Freático*: La distancia vertical entre el punto de medida y la superficie del agua en un pozo, corregida a la superficie del terreno, cuando el punto de medida no está en la superficie del terreno. Reporte esta distancia en metros (o pies) con la fecha y la hora de medida.

INFORMACION ACERCA DE LA MUESTRA

17. *Identificación de la Muestra*: Un número único para cada muestra de la calidad del agua colectada en un pozo que indique la fecha, la profundidad en la cuál cada muestra fue toma-

da reportada en metros (o pies), y la hora en que la muestra fue tomada.

18. *Componente o Parámetro Medido*: Se refiere a una medida de un componente físico, químico o biológico referido como un componente o parámetro.
19. *Concentración/Valor*: El valor de los resultados analíticos, las unidades de medida usadas, y los métodos analíticos aplicados.
20. *Calificador de los Resultados Analíticos*: Información cualitativa que ayudará en la interpretación de la concentración/valor, si los niveles están bajo el límite de detección o si los componentes (o parámetros) de interés están presentes pero no pueden ser cuantificados.
21. *Indicador de la Certificación de Calidad*: La certificación de calidad del protocolo del plan de campo y los procedimientos (QA/QC) de la seguridad de calidad/control de calidad del laboratorio.

B. Mantenimiento de Notas de Campo

La colecta moderna de muestras en el campo requiere documentación adecuada para la certificación y control de calidad. Mantenga un archivo separado en la oficina para cada estación. El archivo de la estación de muestreo puede contener apuntes detallados que describan cómo se tomaron las muestras, medidas de campo, análisis de laboratorio, solicitud de permisos, registros de la cadena de custodia, mapas, fotos y correspondencia. Es necesario que estos registros sean tan legibles y completos como sea posible ya que son de mucha importancia como documentos oficiales y legales. La ubicación, seguridad y supervisión del archivo tiene que ser descrita en la Parte VI. Los Métodos y Procedimientos de Campo en su Plan de Muestreo (vea PASO 3).

El proceso de anotación se puede acelerar si una persona lleva a cabo el muestreo mientras que otra persona toma notas. Use una forma pre-preparada, si está disponible. La ADEQ recomienda (ADEQ QAPP, 1991, Sección 7.3, Notas de Campo) que los datos siguientes sean anotados en tinta indeleble:

- Identificación del muestreador;
- Hora y fecha del muestreo;
- Condiciones climatológicas importantes, anteriores y actuales;
- Descripción del muestreo (tipo, volumen, simple o compuesto);
- Ubicación del sitio (preferentemente catastral y las coordenadas de latitud y longitud);

- Identificación de la muestra (número del pozo, número del proyecto);
- Nombre y dirección del propietario del sitio/pozo;
- Datos importantes del sitio/pozo (datos de la construcción del pozo, horario y método de bombeo, tipos de desperdicios, etc.);
- Métodos y resultados de las medidas de campo; aspecto de la muestra;
- Método(s) de muestreo;
- Razón de muestreo;
- Tipo de análisis para las muestras colectadas;
- Firmas de las personas que escriben en la libreta de campo;
- Volumen del agua purgada del pozo, incluyendo la fecha y la hora desde el comienzo hasta el final del purgado;
- Métodos de conservación de la muestra;
- Observaciones y comentarios (accesibilidad, resultados de calibración, divergencia de protocolos, peligros encontrados, organismos acuáticos presentes, fauna, condiciones de los bancos, actividades antropogénicas, composición del fondo del río, fotos, métodos usados de QA/QC, etc.);
- Ubicación de las muestras duplicadas.
- Resultados de la calibración de los medidores de campo

PASO 11. Colecta de Muestras para la Calidad del Agua

La colecta de muestras de la calidad del agua no sólo involucra el proceso de adquirir físicamente la mejor muestra posible para el futuro análisis, sino también el caracterizar el ambiente en el cuál fue tomada la muestra, y el manejo de la muestra para que se proteja su valor para su objetivo propuesto. El objetivo de la colecta de muestra y las medidas de campo es representar con exactitud el agua en ese tiempo. Esto significa obtener una serie de medidas (parámetros o medidas en el sitio) de una manera pre-establecida, preservando y manteniendo la calidad del agua y las muestras de QA/QC según las guías establecidas, y observando los requisitos de la cadena de custodia.

El obtener una muestra representativa quiere decir que hay que tener cuidado en elegir el equipo de campo. Si Ud. está muestreando para la presencia de metales, no use muestreadores con componentes de metales. Cuando se muestrean para orgánicos, evite el uso de muestreadores con componentes plásticos, desde que el plástico podría absorber y contaminar las muestras. Sobre todo, siempre descontamine el equipo antes de usar. Una vez descontaminado, envuelva el equipo limpio inorgánico en celofán y el

equipo limpio orgánico en papel aluminio para el transporte al sitio.

El manejo apropiado de las muestras de la calidad de agua incluye el uso de guantes. Los guantes no sólo protegen al personal de campo, sino también evitan la contaminación potencial a la muestra. Siempre use guantes desechables sin polvo. Cuando se muestrean para los inorgánicos, use guantes de latex. Guantes de nitril son apropiados para los orgánicos.

Las secciones siguientes proveen una referencia de campo para el muestreo de agua subterránea y superficial, además de los procedimientos para medir parámetros de campo y manejar las muestras de la calidad del agua.

A. Formato de Custodia

Debido a que una muestra es evidencia física, se usan los procedimientos de formato de custodia para mantener y documentar la posesión de la muestra desde la hora en que se colecta la muestra hasta que se introduzca como evidencia. Los requisitos de formato de custodia varían entre agencias. Sin embargo, estos procedimientos son semejantes y el formato de custodia dado en este manual sirve solamente como una guía. Consulte con su jefe de proyecto para los requisitos específicos.

Si una muestra está "en custodia", esto quiere decir que Ud. tiene posesión física de una muestra, la tiene en vista, o la ha sellado para prevenir la falsificación. Por lo tanto, el registro de un formato de custodia empieza cuando se reciban los envases de muestra del laboratorio. Desde este punto en tiempo, un registro de formato de custodia acompañará los envases de muestra.

Maneje las muestras lo menos posible en el campo. Cada muestra de custodia requiere un registro de formato de custodia y podría requerir un sello. Si Ud. no sella las muestras individuales, selle los envases en las cuales se envían las muestras.

Cuando las muestras se cambian de posesión, los dos individuos involucrados en el cambio deberán firmar y poner la fecha y la hora en el registro de formato de custodia. Si un cosignatario de embarques no quiere firmar, selle las muestras y los documentos de formato de custodia en una caja o hielera con sellos de botella o cinta de evidencia. El recipiente sujetará las hojas de formato de custodia a las facturas de envío que muestran las fechas y horas de cambio. Si se dividen las muestras y se mandan a más de un laboratorio, prepare un formato de cadena separado para cada muestra. Si se entregan las muestras a un depósito nocturno, anótelos en el registro de custodia y coloque las muestras con el registro en cajas selladas.

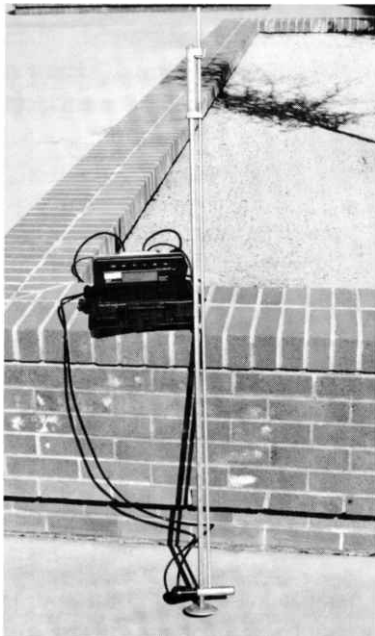
B. Colecta de Muestras de Agua Superficial

Se pueden coleccionar muestras representativas de ríos, arroyos y lagos si se siguen ciertas reglas:

1. Tenga cuidado con inundaciones repentinas! Si un evento de inundación es probable y aún así se tienen que obtener las muestras, por su seguridad vaya siempre en equipos de dos personas. Busque una ruta fácil de escape;
2. Seleccione una localización de muestreo en o cerca de una estación de aforo para que se pueda relacionar la descarga del río con la muestra de la calidad del agua. Si no existe una estación de aforo, mida la velocidad de flujo en la hora del muestreo, usando el método descrito posteriormente;
3. Ubique un canal derecho y uniforme para muestrear;
4. A menos que se especifique en el plan de muestreo, evite localizaciones de muestreo al lado de confluencias o fuentes "punto" de contaminación;
5. Use puentes o botes para ríos y lagos profundos en donde el andar en el agua es peligroso o no práctico;
6. No coleccionar muestras a lo largo de las orillas puesto que ellas pueden no ser representativas de todo el cuerpo de agua; y
7. Póngase guantes apropiados cuando se colecciona la muestra.

1. Muestreo de Ríos y Arroyos

La colecta de muestras de ríos y arroyos involucra el transporte de todos los artículos necesarios para la estación de la calidad del agua (vea la planilla en PASO 5), y la colecta de apuntes de campo, e instalación de instrumentación, equipo de filtración (si no se hace en otro lugar como el muestreo microbiológico), envases de muestreo y lavados de descontaminación cerca del canal. El primer paso es medir los parámetros de campo, luego medir el flujo del río.



Se usan los medidores de flujo para medir la velocidad de la corriente.

Después de la colecta y preservación de las muestras, descontamine y almacene el equipo. Evite los derrames cuando se descontamina el equipo. Para sitios remotos, se puede usar equipo extra de colección para eliminar la necesidad de descontaminar en el campo. La USGS y ADEQ tienen procedimientos escritos que cubren todos los aspectos de la caracterización y el muestreo del agua superficial.

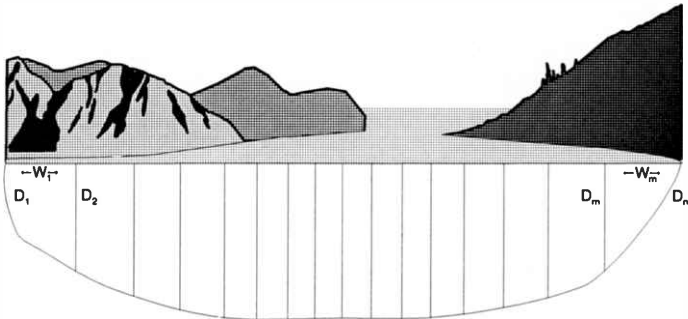
a. Parámetros del Campo

Mida y anote los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto en una sección del flujo del río no perturbada. Se pueden medir otros parámetros, si se desea.

b. Aforo de Ríos

Antes de coleccionar las muestras de la calidad del agua, anote la velocidad de flujo del río en la estación seleccionada. La medida del flujo del río es importante para estimar la carga de contaminación y otros impactos.

El primer paso es la ubicación de una sección transversal (Rantz, 1980). Ubique un canal derecho y uniforme y relativamente libre de rocas y vegetación. Asegúrese de que el flujo esté uniforme y libre de remolinos, aguas lentas y turbulencia excesiva.



$$Q = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right) \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right) W_1 + \dots + \left(\frac{D_m + D_n}{2} \right) \left(\frac{V_m + V_n}{2} \right) W_m$$

Se usa el método de la sección-mediana para determinar el flujo total de un río.

Después de haber ubicado la sección transversal, determine el ancho del río. Extienda una cinta de medir de orilla a orilla a un ángulo derecho a la dirección del flujo. Luego, determine las verticales. Ubique las verticales para que ninguna sección parcial tenga más que cinco por ciento del flujo total.

En la primera vertical, mirando río arriba, baje el medidor de velocidad en el fondo del canal, anote su profundidad, luego levante el medidor a 0.8 y 0.2 de la distancia de la superficie del río, mida las velocidades del agua en cada nivel, y saque el promedio. Muévase a la siguiente vertical y repita el procedimiento hasta que llegue Ud. a la otra orilla.

Una vez que la velocidad, profundidad y distancia de la sección transversal haya sido determinadas, se puede usar el método de la "sección-mediana" para determinar el flujo total. Calcule el flujo en cada incremento multiplicando el promedio de la velocidad en cada incremento por el ancho y el promedio de la profundidad del incremento. (Anote que la primera y última estación están ubicadas en los bordes del río y tiene una profundidad y velocidad de cero. Sume todos los flujos de cada incremento para calcular el flujo total del río. Anote el flujo en litros (o pies cúbicos) por segundo en su libreta de campo.

c. Muestreo Compuesto

El muestreo compuesto tiene como objetivo el producir una muestra representativa de la calidad del agua del flujo total en la estación del muestreo. Si su plan de muestreo requiere el muestreo compuesto, use un muestreador de integración de profundidad DH-81. Sin embargo, el DH-81 utiliza boquillas de diferentes tamaños, dependiendo de la velocidad y el tamaño del envase. Consulte con la documentación de "DH-81" o con su jefe del proyecto para determinar el tamaño apropiado para su programa de muestreo.



Se usan las partidoras para obtener muestras compuestas de río.

Se usa el método del incremento-de-ancho-igual (EWI) para obtener una serie de sub-muestras. Cada sub-muestra representa un

volumen de agua tomado a anchos iguales a intervalos diferentes a través del canal.

Para emplear este método, use una cinta de medir para medir el ancho de orilla a orilla de la corriente en el canal. Divida el ancho en incrementos iguales. Se recomienda que se use un mínimo de diez (10) incrementos, para ríos que sean tan anchos como 1.5 metros (5 pies), hasta un máximo de veinte (20) incrementos en canales extremadamente anchos (Ward y Harr, 1990, p. 8). Esto asegura espacio suficiente para el muestreo discreto a la mitad de cada incremento.

Luego, determine la 'velocidad de tránsito' apropiada. Vaya a la parte más profunda del canal, mire río arriba, y baje lentamente el muestreador al fondo del río a una velocidad constante; luego levántelo de inmediato a la superficie a una velocidad constante de tránsito. En la velocidad de tránsito correcta, el frasco de un cuarto está 3/4 lleno cuando vuelva a la superficie. Si el frasco se llena completamente mientras que se está bajando el muestreador, tiene que verterlo y empiece de nuevo hasta que encuentre la mejor velocidad de tránsito. Esto requiere algo de práctica.



Se puede usar el muestreador de DH-81 para coleccionar muestras compuestas (mostrado aquí con mango de acero).

Una vez que ha determinado la velocidad de tránsito, vierta el muestreador y regrese a la primera vertical. Usando la velocidad de tránsito apropiada, baje y levante el muestreador a verticales sucesivas hasta que el frasco esté lleno. Pase el frasco a su compañero de trabajo, el cual lleva puestos guantes limpios y desechables. Su compañero luego pondrá las muestras en los envases de muestra o en una "partidora giratoria". La partidora es una vasija de polietileno que lentamente revuelve la muestra compuesta con un disco de polipropileno. Muestree las verticales hasta que varias muestras hayan sido colectadas para satisfacer las necesidades del análisis, y agregue los preservadores requeridos (vea PASO 11.E.2). Debido a

que la partidora requiere de 3 a 8 litros de agua compuesta, puede ser que haya que tomar verticales en un arroyo estrecho más de una vez. Es importante, sin embargo, que todas las verticales sean muestreadas el mismo número de veces. Es importante que la partidora siga girando mientras se extrae la muestra de la partidora.

No use la partidora para componer muestras colectadas para medir orgánicos volátiles, carbón orgánico, aceite y grasa, pesticidas, herbicidas o bacterias, porque sus componentes tienen el potencial de absorber y contaminar las muestras. En su lugar, use envases de vidrio para el muestreo de estos parámetros con el método simple instantáneo.

d. Muestreo Simple Instantáneo

El muestreo simple instantáneo se realiza cuando la mezcla uniforme del canal del río o arroyo hace el muestreo compuesto innecesario, cuando se desean muestras de punto, cuando la pérdida de los gases de la muestra es posible, o cuando el agua no es demasiado profunda para usar el muestreo compuesto. Anote cualquier decisión de usar el muestreo simple instantáneo en el plan de muestreo.

Para ríos que tienen por lo menos 4 pulgadas (10 cm) de profundidad, colecte muestras simples instantáneas en medio del canal usando un envase limpio y descontaminado de vidrio o plástico, y agregue los preservadores requeridos (*vea* PASO 11.E.2).

2. Muestreo de Estanques y Lagos

La determinación representativa de la calidad de agua en embalses a veces requiere que se tomen muestras en más de una localidad. Estas ubicaciones dependerán de los objetivos del programa de muestreo, el impacto de las fuentes locales de contaminación, y el tamaño del cuerpo de agua. Obtenga muestras de control de calidad según los procedimientos descritos en el PASO 12.

a. Parámetros del Campo

Como en el muestreo de ríos y arroyos, mida la temperatura, la conductividad eléctrica, el pH, y el oxígeno disuelto para evaluar la variabilidad y estratificación tridimensional de la calidad de agua en estanques, lagos y manantiales grandes. Si una barca está disponible, mida el cambio de estos parámetros por todo el lago con la profundidad bajando y levantando lentamente las sondas en las ubicaciones especificadas. Anote la profundidad de las lecturas lo más preciso que sea posible. Si el lago o estanque está estratificado, anote la profundidad y el espesor de la capa de arriba (epilimnion),

la zona de transición (metalimnion), y la capa de abajo (hipolimnion). Si una barca no está disponible, se puede tomar medidas que no son representativas (como última opción) en varias ubicaciones accesibles a lo largo de la orilla.



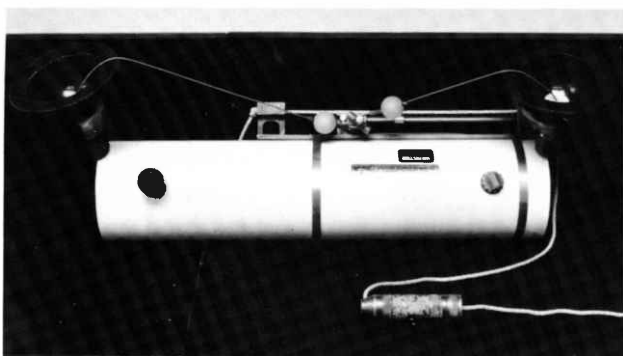
Se usa un medidor de temperatura-pH-conductividad para medir parámetros físicos del agua en el campo.

b. Muestreo en los Bordos de Lagos

Si un bote no está disponible, colecte una muestra superficial con un frasco de vidrio de un cuarto de galón que ha sido limpiado usando los procedimientos de descontaminación (PASO 6). Anote la profundidad y la distancia de la costa al punto de muestreo en la libreta de campo.

c. Muestreo a Distancia de los Bordos

Se pueden obtener muestras de agua de lagos y estanques con un muestreador Kemmerer o Van Dorn (Botella Alfa). También se puede usar bombas peristálticas con mangueras pesadas. Use envases y bombas hechos de materiales compatibles con los parámetros que se van a analizar y descontamínelos antes de usar. En general, enjuague los muestreadores con el agua del lago antes de coleccionar, obtenga muestras con las concentraciones más bajas (Ej., saque de la superficie antes de sacar del fondo). Si se está muestreando clorofila, no lave el envase muestreador con ácido ya que el ácido destruye rápidamente la clorofila. La clorofila puede analizarse de acuerdo al metodo de marker et al (1980).



Se usa un muestreador de Van Dorn para coleccionar muestras discretas de profundidad en lagos y estanques.

En lagos no profundos (aquéllos en los cuáles la concentración de oxígeno disuelto está moderadamente uniforme con la profundidad) saque la muestra cerca del centro del lago a una profundidad de 30 cm (1 pie). En lagos profundos que están estratificados, obtenga muestras a un mínimo de tres profundidades: 30 cm debajo de la superficie, arriba del hipolimnion, y otra a la base del hipolimnion, aproximadamente 1 metro o 3 pies arriba del fondo del lago. Asegúrese de no mezclar la muestra con sedimento del fondo. (EPA, August 1990, Monitoring Lake and Reservoir Restoration: EPA Office of Water, Washington, DC 20460, EPA 440/4-90-007)

Anote las medidas de los parámetros físicos, la ubicación y la profundidad de cada una de las muestras. Descontamine el muestreador antes de volver a usarlo.

C. Colecta de Muestras de Aguas Subterráneas

1. Muestreo de Pozos de Observación

La colecta de muestras de la calidad del agua no sólo involucra el proceso de adquirir físicamente la mejor muestra posible para el futuro análisis, sino también el caracterizar el ambiente en el cuál fue tomada la muestra, y el manejo de la muestra para que se proteja su valor para su objetivo propuesto. El objetivo de la colecta de muestra y las medidas de campo es representar con exactitud el agua en ese tiempo. Esto significa obtener una serie de medidas (parámetros o medidas en el sitio) de una manera pre-establecida, preservando y manteniendo la calidad del agua y las muestras de QA/QC según las guías establecidas, y observando los requisitos de la cadena de custodia.

El obtener una muestra representativa quiere decir que hay que tener cuidado en elegir el equipo de campo. Si Ud. está mues-

treando para la presencia de metales, no use muestreadores con componentes de metales. Cuando se muestrean para orgánicos, evite el uso de muestreadores con componentes plásticos, desde que el plástico podría absorber y contaminar las muestras. Sobre todo, siempre descontamine el equipo antes de usar. Cuando se muestrea más de un pozo en un sitio, asegúrese de descontaminar todo el equipo antes de usarlo en otro pozo. Cuando se colocan pesos en las cuerdas, no use pesos de plomo. Además, no use tiza de ferrocianuro (azul) porque esto podría contaminar la muestra de la calidad de agua.

El manejo apropiado de las muestras de la calidad de agua incluye el uso de guantes. Los guantes no sólo protegen al personal de campo, sino también evitan la contaminación potencial a la muestra. Siempre use guantes desechables sin polvo. Cuando se muestrea para los inorgánicos, use guantes de latex. Guantes de nitril son apropiados para los orgánicos.

a. Apertura y Medida del Pozo

Primero, describa la condición del pozo y la ubicación en la libreta de campo. ¿Está la tapa del brocal rota o torcida, grietada o dañada en alguna parte? ¿El pozo parece ser seguro contra gente o contaminación? Hay estructuras cercanas de las cuales se puede medir la ubicación del pozo. En caso afirmativo, haga un bosquejo de planta mostrando las distancias desde el pozo hasta estas estructuras con una precisión de un metro (o pie) o mejor. Si un sistema de posicionamiento global está disponible, determine la latitud y la longitud del pozo en grados, minutos, y segundos con una precisión de fracciones de segundo.

Luego, abra el pozo con la llave o destornille la tapa del pozo. En la libreta de campo, anote la información siguiente:

- Número del pozo
- La fecha
- Su nombre
- El diámetro del ademe
- El material del ademe y ranura (si se sabe)
- La descripción del punto de medida a usar

En la mayoría de los pozos, este punto es el borde interior de la tapa del ademe del pozo. Si hay un ademe interior y exterior, use el ademe más alto. Si la tapa del ademe no es horizontal, use el borde más alto arriba del suelo y márkelo con una flecha rayada en la superficie o con tinta indeleble. Con una cinta o regla descontaminada, mida y anote la altura vertical del punto de medida

arriba de la superficie del suelo con una precisión de 3 cm (0.1 pie) o mejor. Esto se llama el “punto alto” del pozo.

Si no existe un pozo, perfore uno según los procedimientos establecidos para pozos de monitoreo. Consulte con el Arizona Department of Water Resources.

b. Revisión de Vapores Atrapados

Tome la sonda de un medidor de fotoionización o explosímetro a la altura de la nariz, y tome las lecturas de los vapores alrededor y arriba del pozo. Si los niveles volátiles en la zona de respiración están arriba de 5 partes por millón (ppm), se requiere, por lo menos, protección de Nivel C. Este nivel de protección personal requiere el uso de un traje “Tyvek,” una mascarilla de purificación de aire, guantes de nitrilo o viton, y botas de goma. **Consulte con su oficial de seguridad personal antes de probar o tomar muestras de este pozo.**

Si la lectura en la zona de respiración está debajo de 5 ppm de volátiles (Nivel D modificado), entonces introduzca un medidor de fotoionización o una sonda de explosímetro en el ademe del pozo para medir el grado de peligro personal de los vapores encerrados. Los pozos de observación en sitios de rellenos sanitarios y de derrames de combustibles son muy susceptibles a la acumulación de metano y otros gases.

c. Medición del Nivel del Agua

Mida la profundidad del agua debajo del punto de medida con una precisión de 3 mm o (.01 pie) o mejor. Los objetivos de esta labor son el determinar: 1) la altitud del nivel freático para estudios de la dirección de flujo; y 2) el tamaño correcto de la bomba y lo largo de la tubería para el purgado del pozo y el muestreo de la calidad del agua. Asegúrese que la bomba de muestreo esté apagada antes de medir el nivel del agua y que el bombeo de los pozos cercanos no influya el nivel del agua en el sitio del muestreo. En la mayoría de los casos, se recomienda una cinta de acero o fibra de vidrio graduada o una sonda eléctrica. Cubra el fondo de la cinta con una pasta, gelatina o tiza indicadora sin ferrocianuro de agua que cambie de color cuando se moje, o sujete una campana de metal o “papeador” que hace un sonido de “pop” cuando llega a la superficie del agua.

Las sondas eléctricas indican el contacto con el agua mediante una luz, medidor, o zumbador. Después del primer contacto con agua, levante suavemente y baje la sonda hasta que se active la luz, medidor o zumbador. Anote la distancia al punto de medida.

Generalmente, las sondas eléctricas no son efectivas si hay un producto flotante en el pozo. En estos casos, se tienen que usar otros métodos tales como una cinta, sonda de zona de interfase o un muestreador de plástico transparente. Si tiene duda en cuanto a la exactitud de la medida de la profundidad del agua, repita la medida tantas veces que sea necesario hasta que la lectura sea consistente y no ambigua.

Antes de meter una sonda costosa en un pozo no conocido, use una línea con peso sin plomo del mismo tamaño de la sonda para verificar que tenga acceso libre.



Una sonda eléctrica mide la profundidad al agua.

hasta que vuelva a su peso. Anote la profundidad debajo del punto de medida a los 3 mm (0.01 pie) más cercanos.

Recoja la cinta o cable y descontámelo junto con el carrete antes de volver a usarlos en el próximo pozo. Algunas sondas eléctricas de profundidad permiten la extracción completa de los componentes electrónicos para que durante la limpieza el carrete y cable se puedan sumergir completamente en los líquidos de descontaminación.

La determinación de la profundidad del pozo terminado le permite compararla con la información en el registro original del pozo, y evaluar el grado de obturación de la ranura debido a sedimentos finos (y por lo tanto estimar la eficiencia del desarrollo del pozo y el intervalo ranurado), para ayudar a determinar la condi-

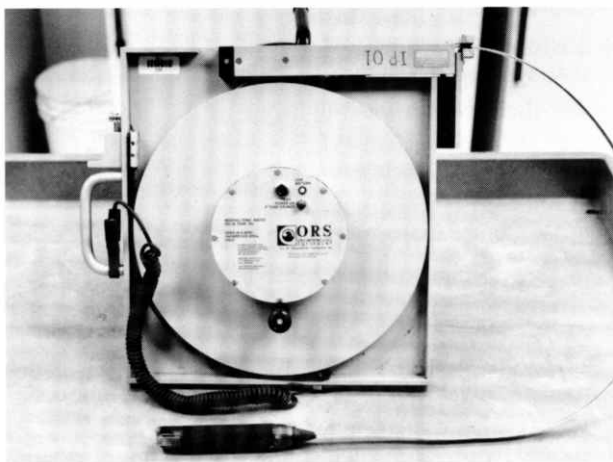
d. Profundidad Exacta del Pozo

Si usa una sonda eléctrica, asegúrese que esté apagada. Baje la cinta con peso o cable de sonda hasta el fondo del pozo. Siga bajando el cable hasta que se sienta liviano en las manos. Levante y baje la cinta o cable varias veces para asegurar que el peso o sonda no se haya atorado en el ademe o las uniones de la ranura. Después de que se convenza que la sonda ha llegado a la profundidad máxima, levántela lentamente

ción del pozo durante el muestreo, y para estimar el largo del cable y tubería necesarios para colocar la toma de la bomba a la profundidad óptima.

e. Medida y Muestra en la Interfase de Aceite/Solvente

Si existen vapores volátiles o la cinta o cable de la sonda eléctrica están cubiertos de aceite después del sondeo de profundidad esto es una indicación de que hay combustibles o solventes puros dentro del pozo. Descontamine el equipo y deje este pozo para el último (Garrett, 1988, p.16). Cuando vuelva Usted más tarde mida el nivel y el espesor de la capa de hidrocarburo con una sonda de zona de 'interfase' descontaminada. Existen instrumentos modernos tan precisos como 1.5 mm (0.005 pie), y tienen indicadores visuales y audibles.



Una sonda de interfase mide la profundidad y espesor de los hidrocarburos en pozos.

Baje la sonda de zona de interfase en el pozo hasta que la alarma suene continuamente indicando que se han detectado hidrocarburos. Anote esa profundidad con una precisión de 3 mm (.01 pie) o mejor. Ahora, siga bajando la sonda lentamente hasta que la alarma oscile (cambiando en intensidad), lo cual indica que se ha detectado agua. Anote esa profundidad. La diferencia es el espesor de la capa de hidrocarburos. Recoja la sonda y descontamínela antes de su reuso.

Use el mismo procedimiento para detectar y medir solventes más pesados que el agua en el fondo del pozo.

Para obtener una muestra de los compuestos de hidrocarburos con un muestreador de plástico transparente con válvula, primero

baje el muestreador en el pozo hasta que sienta que hizo contacto con el aceite, o use la medida de profundidad obtenida con la sonda de interfase. Rápidamente baje el muestreador otros 30 a 50 cm (1 a 1.5 pies), y sáquelo del pozo. Mida el espesor del hidrocarburo, y anote los resultados (Garrett, 1988, p.16). Si Usted tiene una cámara, saque una foto del muestreador y su contenido.

Eche el hidrocarburo en un envase limpio de vidrio, tal como un frasco de 40 ml con el septo de teflón usado para muestras de VOC. Cuidadosamente selle, limpie, etiquete y almacene el envase con la muestra en una hielera. Preserve con ácido sulfúrico a un pH <2 y enfríelo hasta 4° Celsius.

Si otras fuentes potenciales de aceite o combustible existen en el área, tal como tanques, suelos contaminados, tubería o mangueras, obtenga muestras de éstos para que se puedan comparar con el producto flotante en el pozo (Garret, 1988, p. 16). Extraiga el resto de hidrocarburos con un muestreador, y anote el volumen. Si no es posible extraer completamente los hidrocarburos debido a los volúmenes grandes del acuífero, consulte con su jefe del proyecto.

Descontamine completamente el muestreador y cuerda antes de reusarlos. Use los mismos procedimientos, equipo y precauciones para detectar y tomar muestras de solventes pesados en el fondo de un pozo.

f. Purgado y Muestreo de Pozos de Observación

El sacar o 'purgar' el agua estancada del pozo, bomba y tubería para asegurar que la muestra sea representativa del agua del acuífero en la profundidad del monitoreo, es uno de los aspectos más importantes en la colección de muestras. Seleccione el método del purgado y muestreo basado en las condiciones y objetivos específicos que están descritos en el Plan del Muestreo bajo 'Métodos del Campo y Procedimientos', y entregado a las agencias federales y/o estatales para que sea aprobado antes de coleccionar las muestras.

El método del purgado de gasto pequeño es efectivo cuando es comparado a otros métodos. Sin embargo, el método no fue oficialmente aprobado por la EPA cuando se imprimió este manual. Los estudios recientes de la EPA y otros respecto al muestreo para la determinación de contaminantes asociados con coloides y metales, recomiendan el purgado y el muestreo con una sola bomba a una velocidad de 0.2 a 0.5 litros por minuto (Puls y Barcelona, 1989; Puls y Powell, 1992; Backhus et. al., 1993). El purgado con gasto pequeño y este método de muestreo causan menos agitación en el pozo, y reducen la turbidez excesiva que

puede alterar la calidad del agua. También reduce mucho el volumen del agua purgada, que puede ser difícil o caro de desechar.



Un medidor portable de turbidez.

recomendados de purgado sugieren cambios menores de un 10% en la turbidez o de 5% en el oxígeno disuelto durante 3 lecturas sucesivas a 3 o 5 minutos de diferencia. La ADEQ ha escrito guías para la operación y la calibración de diferentes medidores de turbidez en el campo.

Es importante también controlar el abatimiento en el pozo durante el purgado, porque un abatimiento excesivo del bombeo podría crear velocidades altas de entrada del agua subterránea hacia el pozo, y un aumento de la turbidez. Si el abatimiento excede 0.15m (0.5 pie), la velocidad de purgado es demasiado alta, y deberá ser reducida paulatinamente. Anote la velocidad de bombeo y los niveles de agua en los apuntes de campo.

Una vez que se hayan establecido los parámetros, llene las botellas de muestra directamente de la tubería de descarga a una velocidad de aproximadamente 0.1 litros/minuto. Deje que la muestra fluya suavemente dentro de la botella y tápela inmediatamente. Sin embargo, cuando se muestrean para radón, VOCs y otras sustancias que degradan rápidamente por aeración, un método alternativo es meter la tubería en la botella de muestra y sacar la tubería mientras que la superficie del agua suba (*vea* sección E.2. abajo).

Para emplear el método del purgado de gasto pequeño, ponga la toma de la bomba aproximadamente en medio de la ranura del pozo o del intervalo abierto. Mida el nivel de agua en el pozo a una precisión de 3 mm (0.01 pies) o mejor antes de encender la bomba, y anótelo en su cuaderno o formulario. Purgue el pozo a una velocidad de flujo baja hasta que los parámetros de campo, tal como la turbidez y el oxígeno disuelto, se estabilicen. Generalmente, los criterios de estabilización para el análisis de la tendencia de los parámetros son establecidos por el oficial de QA/QC antes de que empiece el purgado del agua subterránea. Los criterios

Después del muestreo, cuidadosamente saque la bomba del pozo. Se puede utilizar la tubería de polietileno recubierta con teflón para cada pozo. Selle la tubería en una bolsa de plástico y etiquétala con el número del pozo de observación. Si es posible, almacene la tubería in situ hasta el próximo período del muestreo. Descontamine la bomba según los procedimientos en PASO 6.

Los volúmenes, tiempos e impactos debido al purgado de hidrocarburos son reducidos significativamente si se coloca un empaque inflable arriba de la bomba justo arriba de la superficie de la ranura o del intervalo abierto. (Descontamine el empaque inflable antes de usarlo, y que asegúrese de que esté hecho de un material que no contaminará las muestras.) También, para reducir el riesgo de la transferencia de gas durante el muestreo, se recomiendan tuberías de paredes gruesas de polietileno recubiertas con teflón.

Varios parámetros físicos, medidos antes y durante el purgado y el muestreo, proveen evidencia científica y legal de que las muestras son representativas de las condiciones del acuífero. Estas medidas se hacen con sondas de precisión colocadas en una celda de flujo al lado de la toma de la bomba o en la superficie del suelo. Estos parámetros incluyen la temperatura, la conductividad eléctrica, el pH, el oxígeno disuelto, el redox y la turbidez. Se pueden medir otros (tales como contaminantes específicos) según los objetivos del programa. Muchos fabricantes ofrecen las sondas y medidores que sean conectados a un registrador de datos que permiten la transferencia de la información a bases de datos por computadoras.



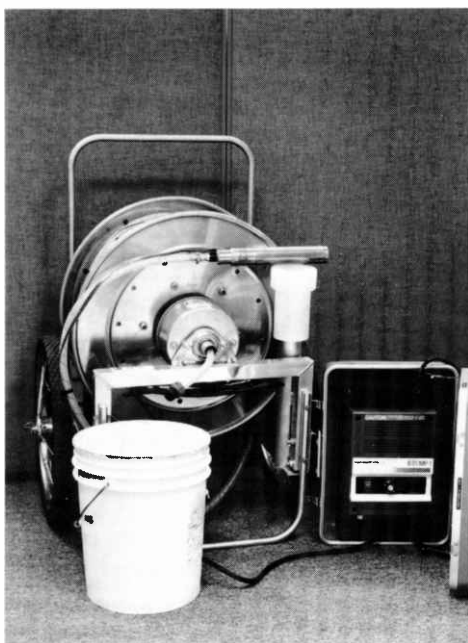
El muestreo en un pozo de observación.

Las bombas que se usan comúnmente y que se recomiendan para el purgado y el muestreo, son las de tipo eléctrico y sumergi-

ble y las de vejiga, las de pistón de gas, que están construídas con componentes de acero inoxidable y de teflón. Hay muchos tipos de bombas disponibles para dedicarlas a un sitio de muestreo, en donde la bomba, alambre y tubería quedan adentro del pozo durante la vida del programa de muestreo. La descontaminación inicial del equipo es necesaria.

La foto que se muestra en la página anterior representa una escena de muestreo de campo en un pozo de observación. La sonda eléctrica de profundidad (al lado del pozo) controla el abatimiento durante el purgado. Arriba de la mesa hay una celda de flujo para medir la temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto, y hay un medidor de turbidez. La hielera de muestra se ubica en la esquina izquierda y un barril de 55 galones para almacenar el agua purgada se ubica en la esquina derecha.

No se recomienda usar los muestreadores para el purgado o colección de las muestras porque inducen cambios químicos en la muestra y la columna de agua debido a la agitación, mezcla y aeración. El uso de muestreadores puede producir sobreestimación de los parámetros de la calidad del agua, una turbidez alta, y la pérdida de gas de los VOCs. Si se tienen que usar muestreadores para el purgado y el muestreo, mida la turbidez y el oxígeno disuelto del agua extraída a intervalos de 3 a 5 minutos y describa claramente el método de colección.



Se usa una bomba portable sumergible para la purga y muestreo de pozos de observación.

2. Muestreo de Pozos de Producción

Los pozos de producción son pozos de abastecimiento al público, irrigación, ganado o industria que ya están equipados con aparatos de bombeo. A diferencia de los pozos abiertos de observación, los cuales permiten acceso fácil al agua para medidas in situ, los pozos de producción tienen bombas, cables y tubería instalados

que podrían dificultar el uso de las cintas de sondeo o las sondas para medir la profundidad del agua o su calidad. Si el acceso es relativamente fácil, apague la bomba y espere hasta que se establezca el acuífero antes de tomar estas medidas.

La ADEQ QAPP (1991, Sección 8.5.4) recomienda el siguiente procedimiento para el muestreo de los pozos de producción.

Seleccione el punto de muestreo. Colecte la muestra lo más cercana al ademe del pozo que sea posible, previo cualquier tanque de almacenamiento, sistemas de tratamiento, y líneas de distribución. Generalmente se toma las muestras de las llaves, tapones y/o válvulas en la tubería de desagüe o en sistemas de pozos abiertos, al final de la tubería del desagüe.

Podría ser necesario, aunque menos deseable, instalar un punto temporal de muestreo en la tubería de desagüe para obtener una muestra. Esto se puede lograr taladrando un agujero en la tubería de desagüe e instalando una llave o válvula. Asegúrese de que el punto de muestreo que seleccione o instale no introduzca turbulencia o contaminación adicional. En algunas situaciones, el único punto posible es en el tanque de almacenamiento o en las llaves de las líneas de abastecimiento. Si es así, anote esto en los apuntes de campo.

Cuando sea posible, deje que el agua corra por lo menos cinco minutos por la llave o válvula antes del muestreo. Mida los parámetros de campo (tales como temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez) hasta que se estabilicen. Tal como en el purgado de los pozos de observación, mida y anote los parámetros físicos para verificar que el purgado haya sido adecuado.

3. Muestreo de Pozos Domésticos

Obtenga la mayor información que sea posible del dueño de la casa o arrendatario. Esto incluye la profundidad y la longitud de la ranura del pozo, rendimiento, material de construcción, diámetro, tratamiento, ubicación, tipo de acuífero, y el nombre del perforador del pozo. En Arizona, los pozos son registrados con el Arizona Department of Water Resources (ADWR), el cual mantiene información de las características en todos los pozos registrados.

Deje que corra el agua a la taza máxima por lo menos 5 minutos para evacuar el tanque de almacenamiento y la otra tubería. Anote los valores iniciales y finales de la temperatura, pH y conductividad eléctrica. Si es posible, mida los parámetros físicos cada minuto hasta que se estabilicen. Colecte las muestras lo más cerca del pozo que sea posible y antes de cualquier sistema de tratamiento. Si la llave tiene un aereador, cuidadosamente remuévalo (con el permiso del dueño) antes de obtener una muestra, sobre todo con muestras para VOC o análisis bacteriológicos. Anote la ubicación

del muestreo, llene las botellas de muestra a una taza lenta, y presérvelos según el programa y los requisitos del laboratorio.

D. Medida de Alcalinidad Total, Bicarbonato y Carbonato

La alcalinidad es la capacidad de las sales en el agua neutralizar los ácidos. Si el agua tiene un pH más de siete, entonces esa agua es alcalina. Si es posible, el análisis para este parámetro deberá ser hecho en el campo, o si no es práctico, por un laboratorio dentro de 14 días.

Los métodos comunes para medir la alcalinidad total, bicarbonato y carbonato en muestras de agua incluyen el Método del Punto-Final Fijo y el Método de Incremento. Los dos involucran la adición de una solución normal de ácido sulfúrico a la muestra con una bureta o instrumento de análisis volumétrico digital y la observación del cambio en su pH. El Método de Incremento se considera más exacto y requiere equipos especiales.

E. Manejo de Muestras para el Análisis de la Calidad del Agua

Es más fácil y más seguro manejar las muestras del agua superficial y subterránea cuando se siguen los siguientes pasos consistentemente:

1. Póngase guantes protectores apropiados.
2. Selle las botellas.
3. Sólo use tinta impermeable cuando se escriban las etiquetas.
4. Asegure las etiquetas con cinta transparente alrededor de la botella.
5. Use papel pH en la hielera de envío como indicadora de la condición de la muestra.
6. Ponga un termómetro en la hielera de envío para asegurar que las muestras estén suficientemente preservadas cuando van en camino al laboratorio.

1. Orden Recomendado para la Obtención de Muestras

Después de obtener las medidas de los parámetros de campo, colecte muestras para los análisis de la calidad del agua en el orden de sensibilidad de la pérdida de los gases de los diferentes parámetros (USEPA, 1986, p. 105):

radón
compuestos orgánicos volátiles (VOC)

carbono orgánico purgable (POC)
halógenos orgánicos purgables (POX)
carbón orgánico total (TOC)
halógeno orgánico total (TOX)
orgánicos extraíbles
metales totales
metales disueltos
fenoles
cianuro
sulfato y cloruro
turbidez
nitratos y amoníaco
radionucleidos (Alfa y Beta Total, Uranio/Radio)
contenido microbiológico (bacterias y virus)

2. Procedimientos para Contaminantes Comunes

Ciertos compuestos requieren métodos diferentes de muestreo. Consulte con el laboratorio que hará el análisis acerca del tipo y volumen de envase, preservación y tiempos de vigencia. Descripciones claras de los analitos elegidos, tiempos de vigencia, su razón, y los preservados que se van a utilizar, deberán ser incluidos en el plan de muestreo antes de coleccionar las muestras. La USEPA SW-846, ADEQ QAPP (1991, Sección 8.7) "El Manual de los Procedimientos del Muestreo del Campo" de Garrett (1988, pp. 24-28) incluye los procedimientos detallados de colecta. Aquí se incluyen descripciones cortas de como coleccionar y manejar los tipos de muestra más comunes según las metodologías de la EPA Contract Lab Program para las muestras acuosas.

a. Radón

1. Desaloje cualquier burbuja que quede en la tubería.
2. Llene uno (o más) frasco(s) de vidrio de 40-ml etiquetado con una tubería descontaminada metida en la botella de muestra. Saque la tubería mientras que la superficie del agua suba hasta que derrame.
3. Enrosque la tapa hasta que esté ajustada con el lado del PTFE (teflón) hacia abajo.
4. Invierta el frasco, golpee levemente y observe si hay burbujas. En caso positivo, agregue más muestra y tápelo de nuevo.
5. Llene frascos adicionales para los blancos de campo y equipos, duplicados o muestras divididas, los que sean necesarios.

6. Almacene los frascos invertidos en una hielera llena de hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4 °C.
7. Consulte con el laboratorio para el tiempo recomendado de vigencia.

b. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs)

Debido a que las muestras de VOC tienen un potencial de evaporar y degradar, ellas necesitan procedimientos especiales para su colección, preservación y manejo. Siempre use frascos ámbar de 40-ml que hayan sido limpiados por el laboratorio, llénelos a una taza de bajo flujo (<0.5 l/min), presérvelos con 25 mg de ácido ascórbico (si el cloro residual está presente), y dos o más gotas de ácido hidroclicórico (HCl, un biocida) para reducir el pH hasta <2, y envíelos al laboratorio dentro de los tiempos de vigencia recomendados. A menos que hay factores del sitio que podrían modificar el procedimiento abajo, se recomienda el método siguiente para el muestreo de VOC:

1. Obtenga por lo menos, cuatro frascos ámbar etiquetados de 40-ml para cada estación de muestreo. Use el primero para probar la cantidad correcta de HCl que se tiene que agregar para reducir el pH de la muestra bajo de 2, y use los otros para coleccionar las muestras y las muestras duplicadas. Dado que el pH de las muestras podría variar de una estación a otra, puede ser que se necesiten diferentes cantidades de HCl agregado para suficientemente reducir su pH para mantener la integridad de muestra.
2. Con una pipeta limpia, agregue dos gotas de HCl 1:1 (una gota para cada 20 ml) a la muestra. El ácido es más pesado que el agua, y consecuentemente se hundirá al fondo. Si se sospecha que está presente el cloro residual, agregue 25 mg de ácido ascórbico al frasco. Con guantes y lentes de seguridad puestos, llene completamente el frasco de prueba de pH con la bomba, envase abierto o llave. Tape el frasco con el lado de PTFE (teflón) del septo hacia abajo, y agite vigorosamente por un minuto. Abra el frasco y pruebe con un medidor de pH o papel especial de tornasol. Si es necesario, agregue otra gota de ácido y pruebe de nuevo hasta que el pH sea menos que 2. Anote la cantidad de ácido usada en esta estación en tu libreta de campo. Ponga la muestra en el envase del agua purgada, y coloca el frasco en otro lugar.
3. Llene las etiquetas de muestra con tinta impermeable. Además de su nombre y el número de muestra, anote los

- preservadores usados, y la ubicación exacta, fecha y hora de la colección de muestra.
4. Basado en la prueba de pH, agrega dos o más gotas de 1:1 HCl con una pipeta limpia al segundo frasco. Se hundirá al fondo. **Tenga cuidado con el manejo de HCl. Se puede causar quemaduras intensas!**
 5. Con el frasco a un ángulo, lentamente llénelo a una taza de bajo flujo de 0.1 l/min hasta que esté lo más lleno que sea posible. Para evitar aeración, otro método alternativo es meter la tubería en el frasco sacarla mientras que la superficie del agua suba. Tenga cuidado que no sobrellene y que se derrame el ácido ascórbico, si fue usado.
 6. Llene la tapa con el agua de muestra y luego agréguele lentamente al frasco para formar un menisco (la superficie curvada formada arriba del agua formada por tensión superficial).
 7. Atornille la tapa para que el lado de PTFE del septo esté hacia abajo. No sobreatornille!
 8. Invierta el frasco y golpee levemente. Si aparecen burbujas, destape el frasco, agregue más agua al menisco, tápelo de nuevo, invierta y repita hasta que no aparezcan las burbujas.
 9. Agite el frasco por un minuto.
 10. Repita los pasos 4-9 arriba para las muestras duplicadas de QA/QC, los blancos del equipo y las muestras divididas, si es necesario.
 11. Envuelva los frascos en un empaque de burbujas u otro tipo de material para amortiguar y evitar su rotura. Almacene los frascos invertidos en una hielera con hielo a una temperatura de 4°C con un termómetro de máximo/mínimo, y envíelo con entrega inmediata. Mantenga las muestras lejos de los vapores orgánicos.
 12. Analice las muestras dentro de 14 días.

c. Orgánicos Semivolátiles

Use el siguiente procedimiento para todos los orgánicos semivolátiles (se les llama también a estos compuestos: extraíbles en ácido-base-neutral):

1. Llene dos botellas de vidrio ámbar de 1-litro. (No es necesario llenarlas completamente.)
2. Tape con un septo recubierto con teflón y una tapa de plástico con rosca.

3. Llene frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, los que sean necesarios.
4. Almacene los frascos en una hielera llena de hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4 °C.
5. Asegúrese de que el laboratorio empiece la extracción de líquido dentro de los 5 días siguientes.

d. Plaguicidas/PCBs

Use el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos semivolátiles descritos anteriormente.

e. Fenoles

Use el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos semivolátiles descritos arriba, pero preserve las muestras con 5 ml de ácido sulfúrico para reducir el pH de la muestra a <2.

f. Aceite y Grasa

Use el mismo procedimiento que se usa para los orgánicos semivolátiles descritos arriba, pero además preserve las muestras con 5 ml de ácido sulfúrico.

g. Metales (Excepto Mercurio)

Use el procedimiento siguiente para todos los metales excepto el mercurio. Consulte con el plan de muestreo para determinar si se requieren muestras filtradas o muestras sin filtración.

1. Filtre la muestra con un filtro de cápsula, si metales disueltos se van a analizar.
2. Llene una botella de plástico de 1-litro con etiqueta evitando aeración.
3. Agregue ácido nítrico para reducir el pH bajo 2. **Use guantes y lentes de seguridad cuando se maneja el ácido.**
4. Tape con una tapa de plástico con rosca.
5. Llene frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, como sea necesario.
6. Almacene los frascos en una hielera llena de hielo con un termómetro de mínimo/máximo a 4 °C.
7. Analice antes de 6 meses.

h. Mercurio

Use el mismo procedimiento que se usa para los metales, excepto que el tiempo de vigencia de las muestras es 28 días en vez de 6 meses.

i. Cianuro

1. Llene una botella etiquetada de plástico de 1-litro evitando aeración. La etiqueta debe decir "Análisis de CN, Preservado con NaOH".
2. Descarte la primera media pulgada de la muestra.
3. Agregue 0.6 gramos de ácido ascórbico si hay cloro residual.
4. Agregue píldoras de hidróxido de sodio hasta que el $\text{pH} > 12$ (consulte con el laboratorio para determinar la cantidad correcta).
5. Tape con una tapa de plástico con rosca.
6. Mezcle suavemente por dos minutos.
7. Llene frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, si es necesario.
8. Almacene los frascos en una hielera llena de hielo y termómetro de mínimo/máximo a 4 °C.
9. Analice antes de 2 días (ADEQ) o 12 días (EPA). Consulte con el laboratorio.

j. Alfa Total y Beta Total

Este procedimiento está basado en el Método de ADEQ (QAPP, 1991, Sección 8.7).

1. Llene dos botellas etiquetadas de vidrio o plástico de 1-litro evitando aeración.
2. Tape con una tapa con rosca.
3. Llene frascos adicionales para los blancos de campo y equipo, duplicados o muestras divididas, si son necesarios.
4. Entregue al laboratorio antes de 5 días.
5. El personal del laboratorio agregará suficiente ácido nítrico o clorhídrico a las muestras para reducir su $\text{pH} < 2$, y luego analizará la muestra después de 16 horas.

k. Uranio, Radio

Este procedimiento es igual que el Alfa Total y Beta Total, excepto que se tiene que acidificar la muestra en el campo o dentro de cinco horas después de la colecta.

l. Bacterias

La ADEQ y el Arizona Department of Health Services (ADHS) tienen una guía detallada de 9 páginas titulada "Los Procedimientos para la Colecta y el Proceso de Muestreo del Agua para el Análisis Bacteriológico." Use este método de campo para el análisis de coliforme fecal y bacteria estreptococo. El método requiere equipos especializados, tales como la solución estéril de agua "buffer", bolsas "Whirl-pak," cajas de Petri, filtros de membrana estéril, pipetas, una incubadora, y un microscopio binocular. Si se sospecha la presencia de metales pesados, se agrega un agente quelante apropiado (Ej. EDTA) antes de esterilización. Debido al tamaño de la guía, no se incluye en este documento pero la puede conseguir de la Unidad de Monitoreo de Agua Superficial en las oficinas de ADEQ en Tucson y Phoenix.

m. Virus

Este procedimiento emplea el método del ADEQ (QAPP, 1991, Sección 8.7).

1. Llene la información en una bolsa de 1-galón "Ziploc" con una pluma de tinta indeleble.
2. Ensamble los equipos limpios en el siguiente orden: manguera de entrada, bomba portátil, manguera conexión, filtro, cubierta, manguera, medidor de flujo, y manguera de salida. Si el pozo tiene una bomba, conecte el resto del equipo (sin la bomba portátil) a la llave. Asegúrese de que la manguera de salida quede lejos de la manguera de entrada.
3. Bombee 40 a 1,000 litros (10 a 250 galones) de agua por el filtro a aproximadamente a 4 litros por minuto.
4. Usando guantes no contaminados, cuidadosamente destornille la cubierta del filtro y saque el filtro con pinzas.
5. Coloque en el filtro una bolsa "Ziploc" junto con el agua restante en la cubierta y selle la bolsa.
6. Selle esta bolsa en otra bolsa "Ziploc."
7. Almacene la bolsa en una hielera llena con hielo.
8. Mande al laboratorio antes de 24 horas.

9. Descontamine todos los equipos en contacto con el agua de la muestra circulando una solución de 5% de cloro blanqueador por lo menos 20 minutos, seguido de una solución de 10% de tiosulfato de sodio y agua filtrada de 0.1 micrones para neutralizar el cloro, seguido por un enjuague de 100 galones de agua.
10. Tome una muestra de blanco, del equipo, del enjuague final y envíelas para un análisis de virus (consulte con el laboratorio para el volumen requerido).

PASO 12. Obtención de Muestras de Control de Calidad

Las oficinas federales y estatales de QA/QC requieren la colección de muestras adicionales llamadas blancos de equipo, blancos de campo, blancos del viaje, duplicados y muestras divididas. Se usan estas muestras para verificar la calidad de descontaminación, colecta, y procedimientos de manejo, y para verificar que no se haya afectado la calidad de la muestra del agua. El número, tipo y manejo de las muestras de QA/QC deben ser claramente especificados en el plan de muestreo.

Según la EPA Región 9, no se tiene que coleccionar los tres tipos de blancos todos los días. Un blanco al día es suficiente con el siguiente orden de preferencia: blancos de equipo, campo y viaje. Muchas veces se usa los blancos de viaje para los análisis de VOC. Mande enclave al laboratorio todas las muestras de QA/QC.

Se colecta la **Muestra de Laboratorio de QC** para cada 10 muestras colectadas, o una por semana, cualquiera que sea más grande. Esta muestra no es una muestra adicional, sino una designación especial para una que ya existe. Colecte una muestra del volumen doble (un envase más que la muestra normal). Los envases deberán ser claramente identificados como muestras de laboratorio de QC.

Los blancos de equipo consisten de envases llenos con el agua final del enjuague de la descontaminación de los equipos. Una vez analizados, muestran la efectividad de la limpieza de los equipos de campo. Colecte los blancos de equipo después del muestreo del agua subterránea o superficial en la estación con la contaminación más alta. Uno por día del muestreo es suficiente.

Los blancos de campo son envases de agua deionizada que se llenan en la estación de muestreo, etiquetan, empaquetan, sellan y se mandan al laboratorio con las otras muestras. Se usan los blancos de campo para investigar la contaminación en el laboratorio, y durante la colecta y envío de las muestras. El laboratorio requiere un blanco de campo por cada día del muestreo.

Los blancos de viaje son envases de agua deionizada preparados por el laboratorio. Se mantienen en la misma hielera que las otras muestras en cada fase del proceso de colecta, manejo y envío. En el laboratorio se analizan las muestras para determinar los parámetros de VOC. Si se encuentran contaminados, podría ser que la contaminación ocurriera durante el transporte de muestra o en el almacenaje en el laboratorio. Se requiere por lo menos uno para cada envío de muestra.

Las muestras duplicadas se usan para verificar la precisión de la colecta de campo o el análisis de laboratorio. Se colectan las duplicadas a la vez que la muestra de la calidad del agua a una cantidad de una en cada diez o 10% al día, lo que sea más grande. Colecte una muestra duplicada de una estación en dónde se cree que hay niveles altos de un compuesto particular.

Las muestras divididas son muestras adicionales de la calidad del agua que se colectan y se manejan igual que las otras en el campo, excepto que se las mandan a un laboratorio diferente o al mismo laboratorio enclave para los análisis, como una prueba de los procedimientos y manejo del laboratorio. Muchas veces se colectan este tipo de muestras durante una supervisión de certificación.

Las muestras de fondo se colectan para verificar los resultados de la evaluación de muestreo de sitio. Se usan las muestras de fondo para establecer las condiciones de fondo, y se obtengan hidráulicamente pendiente arriba de las fuentes de contaminación.

PASO 13. Empacado y Envío de Muestras

Envuelva y empaque las muestras con seguridad para que los envases de muestra no se rompan en camino al laboratorio. Asegúrese de empaclar los blancos en la misma manera de las demás muestras, para que el laboratorio no pueda identificar los blancos. Anote todos los números de identificación en la libreta de campo.

La EPA, ADEQ, ADHS y las agencias de México tienen procedimientos y formas específicas para el envío de las muestras y el protocolo de la cadena de custodia. Consulte con las oficinas de QA/QC cuando se está desarrollando el plan de muestreo. Asegúrese de entender todos los aspectos de estos procedimientos. Envuelva y empaquete las muestras con seguridad para que los envases de muestra lleguen al laboratorio sin ninguna rotura.

Asegúrese de que el laboratorio haya sido notificado de la hora de la entrega y la manera del envío de las muestras (camión de carga, mensajero u otro). Por ejemplo, ADHS tiene un "Registro de Cadena de Custodia," y etiquetas del "Envíos para Solicitar

Análisis Químicos,” y formas que se adjuntan a las muestras a analizar por el laboratorio estatal.

PASO 14. Desecho de las Aguas Purgadas y de Descontaminación

El agua y otros desperdicios generados como resultado de la purga de un pozo o descontaminación del equipo tienen que ser descartados de una manera apropiada. Consulte con las agencias federales y estatales responsables en los Estados Unidos y México (ADEQ, EPA o SEDESOL dependiendo de la ubicación del sitio) antes de que se tomen las muestras, y describa con claridad en el Plan de Muestreo como se manejará el agua contaminada y descontaminada (y otros desperdicios) en el campo. En general, no descarte el agua purgada y descontaminada en el sitio a menos que se haya analizado el agua y se sepa que no es tóxica. Si el agua excede las normas recomendadas, póngala en un barril y almacénelo en el sitio en un lugar seguro hasta que el desecho por métodos aceptables sea posible.

REFERENCIAS

- ADEQ, 1995, "Fixed Station Network Procedures Manual for Surface Water Quality Monitoring," Arizona Department of Environmental Quality Technical Manual TM 96-1, December 22, 1995, 240 pp.
- ADEQ QAPP, 1991, "Quality Assurance Project Plan," Arizona Department of Environmental Quality, Office of Water Quality, Phoenix, Arizona, May, 1991, 209 pp.
- ASTM (American Society for Testing Materials), 1992, "ASTM Standards on Ground Water and Vadose Zone Investigations," ASTM, ASTM Pub. Code # 03,418192-38.
- Backhus, D.A., J.N. Ryan, D.M. Groher, J.K. MacFarlane, and P.M. Gschwend, 1993, "Sampling Colloids and Colloid-Associated Contaminants in Ground Water," Ground Water, 31(3), p. 466-479.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1986, "RCRA Groundwater Monitoring Technical Enforcement Guidance Document," OSWER - 9950.1, Washington, D.C.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1990, "Monitoring Lake and Reservoir Restoration," Office of Water, Washington, D.C., EPA 440/4-90-007.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1991, "Handbook: Ground Water, Volume II, Methodology," ORD, Washington DC, EPA/625/6-90-/016b, 141 pp.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1992, "Consensus Method for Determining Groundwaters Under the Direct Influence of Surface Water Using Microscopic Particulate Analysis (MPA)," EPA Region 10, October 1992.

* Todas las publicaciones de la EPA puede ser imprimido de la página Web del EPA:
<http://WWW.EPA.GOV/EPAHOME/Publications.htm/>

- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1992, "Pocket sampling Guide for Operators of Small Water Systems," Office of Ground Water and Drinking Water, Cincinnati, OH 45268, EPA/814-B-92-001, 94 pp.
- EPA* (U.S. Environmental Protection Agency), 1993, "Preparation of a U.S. EPA Region 9 Sample Plan for EPA-Lead Superfund Projects," EPA Region 9, Quality Assurance Management Section, San Francisco, CA, August 1993.
- Garrett, P., 1988, "How to Sample Ground Water and Soils," National Water Well Association, Dublin, OH, 37 pp.
- Marker, A.F.H., C.A., Crowther, and R.J.M., Gunn, 1980, "Methanol and Acetone as Solvents for Estimating Chlorophyll A and Phaeopigments by Spectrophotometry" Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 14, Stuttgart, Ger., Sept. 1980, pp. 52-69.
- Nielsen, D.M., 1991, "Practical Handbook of Ground-Water Monitoring," Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI 717pp.
- Puls, R.W. and M.J. Barcelona, 1989, "Ground Water Sampling for Metals Analyses," EPA Ground Water Issue, U.S. EPA, ORD, Washington, D.C., EPA/540/4-89/001, 6 pp.
- Puls, R.W. and R.M. Powell, 1992, "Acquisition of Representative Ground Water Quality Samples for Metals," Ground Water Monitoring Review, Summer 1992, XII(3):167-176.
- Rantz, S.E. and others, "Measurement and Computation of Stream-flow: Volume 1. Measurement of Stage and Discharge," U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2175.
- Ward, J.R. and Harr, C.A., editors, 1990, "Methods for Collection and Processing of Surface-Water and Bed-Material Samples for Physical and Chemical Analyses"; U.S. Geological Survey Open-file Report 90-140, 71 pp.

* Todas las publicaciones de la EPA puede ser imprimido de la página Web del EPA:
<http://WWW.EPA.GOV/EPAHOME/Publications.htm/>

GLOSARIO DE SIGLAS

Organizaciones

ADEQ	Arizona Department of Environmental Quality
ADHS	Arizona Department of Health Services
ADWR	Arizona Department of Water Resources
CNA	Comisión Nacional del Agua
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
IBWC	International Boundary Water Commission
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
ITSON	Instituto Tecnológico de Sonora
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SSP	Secretaría de Salud Pública
SIUE	Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología
USGS	U.S. Geological Survey
WRRC	Water Resources Research Center, University of Arizona

Otras Siglas

CERCLA	Decreto Comprensivo de Restauración, Compensación y Responsabilidad Ambiental
CMED	Colección Mínima de Elementos de Datos
FIPS	Estándar del Proceso de Información Federal
GIS	Sistema de Información Geográfica
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HPLC	Cromatografía de Líquidos de Alta Presión
IAE	Incremento-de-Ancho-Igual
NTU	Unidad Nefelométrico de Turbidez
PCB	Polychlorinatobifenol
POC	Carbono Orgánico Purgable
POX	Halógenos Orgánicos Purgables
QAPP	Plan de Programa de Seguridad de Calidad
QA/QC	Seguridad de Calidad/Control de Calidad
RCRA	Decreto de la Conservación y Recuperación de Recursos
STORET	Sistema de Datos de la EPA (calidad de agua)
TOC	Carbón Orgánico Total
TOX	Halógeno Orgánico Total
UTM	Universal Trans Meridian
VOC	Compuestos Orgánicos Volátiles

LISTA DE CONTACTOS
DE LAS AGENCIAS ESTATALES Y FEDERALES
DE CALIDAD DE AGUA

MEXICO

Nivel Federal

CILA

Comisión Internacional de
Límites y Aguas
Jose de Jesus Quintanar G.
Blvd. del Ensueño # 550-3
Col. Lomas de Fátima
84050 Nogales, Sonora, México
Tel: (01152) 631-2-51-40
Fax: (01152) 631-2-51-40

LOS ESTADOS UNIDOS

Nivel Federal

EPA, Region IX
Environmental Protection
Agency, Region IX
Evelyn Wachtel
Water Management Division
75 Hawthorne St. (W-2)
San Francisco, CA 94105
Tel: 415-744-2125
Fax: 415-744-1072
Email: wachtel.evelyn@
EPAMAIL.EPA.GOV

IBWC
International Boundary and
Water Commission
Samuel A. Rhodes
Field Engineer
P.O. Box 6759
Nogales, AZ 85628-6759
Tel: 520-281-1832
Fax: 520-281-1565

EPA, Region VI
Environmental Protection
Agency, Region VI
Oscar Cabra, Jr., PE
Border Coordinator
Water Quality Protection Div.
1445 Ross Avenue
Dallas, TX 75202-2733
Tel: 214-665-7101
Fax: 214-665-6490
Email: cabra.oscar@
EPAMAIL.EPA.GOV

USGS, Regional Office
United States Geological
Survey
Dean Radtke, Hydrologist
375 S. Euclid Ave.
Tucson, AZ 85719-6644
Tel: 520-670-6307 ext. 269
Fax: 520-670-5592
Email: dbradtke@usgs.gov

Nivel Estatal

ADEQ

Arizona Department of
Environmental Quality
Water Quality Division
Mario Castañeda
3033 N. Central Avenue
Phoenix, AZ 85012
Tel: 800-234-5677/602-207-4409
Fax: 602-207-4528
Email: castaneda.mario@
EV.STATE.AZ.US

ADEQ, Southern Region

Arizona Department of
Environmental Quality
Jim DuBois &
Melinda Longworth
Water Quality Division
Southern Regional Office
400 W. Congress, Ste. 433
Tucson, AZ 85701
Tel: 520-628-6733
Fax: 520-628-6745

ADHS

Arizona Department of
Health Services
William Humble
Office of Risk Assessment
and Investigations
1400 W. Washington St.
Phoenix, AZ 85007
Tel: 602-542-7310
Fax: 602-542-1753

ADHS

Arizona Department of
Health Services
Maura D. Mack, PhD
Arizona Coordinator
Environmental Health
Education Project
2501 E. Elm Street
Tucson, AZ 85716
Tel.: 520-795-9756
Fax: 520-795-1365

ADWR

Arizona Department of Water
Resources
Greg Wallace
Chief Hydrologist
500 N. Third St.
Phoenix, AZ 85004-3903
Tel: 602-417-2448
Fax: 602-417-2401

ADWR, SCAMA

Arizona Dept of Water
Resources, Santa Cruz Active
Management Area
Placito Dos Santos
857 West Bell Road
Suite #3
Nogales, AZ 85621
Tel: 520-761-1814
Fax: 520-761-1869

ADWR, TAMA

Arizona Dept of Water
Resources, Tucson Active
Management Area
Kathy Jacobs
400 W. Congress Street
Suite 518
Tucson, AZ 85701
Tel: 520-770-3800
Fax: 520-628-6759

INDICE

ácido ascórbico	9, 40-41, 43
ácido clorhídrico	6, 9, 11, 40, 43
ácido nítrico	42-43
ácido sulfúrico	9, 33, 38, 42
ADEQ (vea Arizona Department of Environmental Quality)	
ADHS (vea Arizona Department of Health Services)	
ADEQ Plan de Muestreo	4-5
alfa	27, 39, 43-44
Alfa Total	43-44
almacenamiento a baja temperatura	6
amoníaco	39
Arizona Department of Environmental Quality	4-5, 12, 14, 19, 23, 34, 37, 39, 43-44, 46-47
Arizona Department of Health Services	44
bacteria	44
Beta Total	39, 43-44
biocida	40
blancos de campo	12, 40, 42-43, 45
blancos de equipo	45
cadena de custodia	6, 19-20, 28, 46
calificador de los resultados analíticos	19
carbón orgánico total	9
carta topográfica	2, 12-13
CERCLA (vea Decreto Comprensivo de Restauración, Compensación y Responsabilidad Ambiental)	
cianuro	9, 39, 43
cloro	9-10, 40, 43, 45
cloruro	39
CMED (vea colección mínima de elementos de datos)	
colección mínima de elementos de datos	16
coliforme fecal	44
compuestos orgánicos volátiles	9, 38, 40
coordenadas de estación	13
Decreto de la Conservación y Recuperación de Recursos	3, 5
descontaminación	9-12, 22, 27, 31, 36, 45, 47
DH-81	9, 11, 24-25

Environmental Protection Agency	4-5, 11 16-17, 28, 33, 39, 43, 45-47
EPA (vea Environmental Protection Agency)	
EPA Región 9	4, 11, 45
equipo de muestreo de campo	7
estaciones de muestreo	1-2, 12, 14
Estándar del Proceso de Información Federal	18
explosímetro	8, 30
extraíbles en ácido-base-neutral	41
fenoles	9, 39, 42
FIPS (vea Estándar del Proceso de Información Federal)	
GIS (vea sistema de información geográfica)	
GPS (vea sistema de posicionamiento global)	
grasa	9, 26, 42
halógeno orgánico total	39
halógeno orgánico purgable	39
HPLC (vea cromatografía de líquidos de alta presión)	
identificación de la muestra	18, 20
indicador de la certificación de calidad	19
INEGI (vea Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática)	
Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática	2, 12
localización física	8, 12
mercurio	8-9, 42-43
metales	7, 9, 11, 20, 28, 33, 39, 42-44
muestra duplicada	46
muestra de laboratorio de QC	45
muestras simples instantáneas	26
muestras de VOC	33, 40
muestras duplicadas	20, 40-41, 46
muestreo compuesto	24, 26
muestreo simple instantáneo	26
nitratos	39
orgánicos extraíbles	39
orgánicos semivolátiles	11, 41-42
orgánicos volátiles	9, 26, 38, 40, 50
oxígeno disuelto	3, 7-8, 12, 23, 26, 28, 34-37

papeador	30
PCB (vea polychlorinatobifenol)	42
pH	3, 7-8, 12, 23, 26-27, 33, 35-38, 40-43
plaguicida	11, 42
POC (vea carbono orgánico purgable)	
POX (vea halógeno orgánico purgable)	
polychlorinatobifenol	42
procedimientos de descontaminación	27
punto de medida	4, 18, 29-31
punto-de-foto	15
purgado	20, 30, 33-37
QA/QC (vea Seguridad de Calidad/Control de Calidad)	
QAPP (vea Plan de Programa de Seguridad de Calidad)	
Radio	8, 16, 39, 44
radionucleidos	39
Radón	9, 34, 39
RCRA (vea Decreto de la Conservación y Recuperación de Recursos)	
salud y seguridad	1, 3, 5, 8, 16
Secretaría de Desarrollo Social	47
SEDESOL (vea Secretaría de Desarrollo Social)	
Seguridad de Calidad/Control de Calidad	7, 19-20, 28, 34, 41, 45-46
sistema de información geográfica	13
sistema de posicionamiento global	8, 13-14, 29
sonda de interfase	32-33
sonda eléctrica	9, 30-32, 36
suelos contaminados	33
sustancia preservadora	6
teflón	9, 10, 33, 35-36, 39-41
temperatura	3, 6, 8-9, 12, 23, 26-27, 35-37, 41
tiosulfato de sodio	6, 9-10, 45
TOC (vea carbón orgánico total)	
TOX (vea halógeno orgánico total)	
turbidez	8, 12, 33-37, 39
Tyvek	8, 30

U.S. Geological Survey	2
uranio	39, 44
Van Dorn	9, 27
velocidad de flujo	22-23, 34
virus	10, 39, 44-45
VOC (vea compuesto orgánico volátil)	

UNIDADES, ABREVIATURAS Y FACTORES DE CONVERSION

Para Convertir De:	A:	Multiplicar Por:
Para Convertir A:	De:	Dividir Por:
Distancia		
millas (mi)	pies (ft)	5,280
millas (mi)	kilometros (km)	1.609
pies (ft)	metros (m)	3.048
pulgadas (in)	milímetros (mm)	25.4
Area		
millas ² (mi ²)	acres (ac)	640
hectareas (ha)	metros ² (m ²)	10,000
acres (ac)	pies ² (ft ²)	43,560
acres (ac)	hectareas (ha)	2.471
Volumen		
acre-pie (ac-ft)	galones (gal)	325,851
acre-pie (ac-ft)	pies ³ (ft ³)	43,560
metros ³ (m ³)	litros (l)	1,000
metros ³ (m ³)	pies ³ (ft ³)	35.310
pies ³ (ft ³)	litros (l)	28.320
pies ³ (ft ³)	galones (gal)	7.481
litros (l)	cuartos (qt)	1.057
Flujo		
pies ³ /segundo (ft ³ /s)	litros/minuto (lpm)	1,699
pies ³ /segundo (ft ³ /s)	galones/minuto (gpm)	448.831
pies ³ /segundo (ft ³ /s)	millones de galones/day (mgd)	0.6464
Masa		
tonelada inglesa	libras (lb)	2,000
tonelada métrica	kilogramos (kg)	1,000
libras (lb)	onzas (oz)	16
kilogramos (kg)	libras (lb)	2.207
onzas (oz)	gramos (g)	28.349
litros H ₂ O (l)	kilogramos (kg)	1
pies ³ H ₂ O (ft ³)	libras (lb)	62.4
Presión		
milibares (mb)	Pascales (Pa)	10
milibares (mb)	libras/pulgada ² (lb/in ²)	14.5
atmósferas (atm)	milibares (mb)	0.001
atmósferas (atm)	centímetros Hg (cm)	11,033.27
atmósferas (atm)	pies H ₂ O (ft)	33.99
Concentration		
partes/millón (ppm)	miligramos/litro (mg/l)	1
partes/millón (ppm)	toneladas/acre-pie	0.00136