RAP: TOMAR MUESTRAS DE AGUA Y SUELO DE ACUERDO CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE Y LOS PROTOCOLOS ESTABLECIDOS.

Prevención y Control Ambiental

Descripción

- Programa de Formación: 222319V1 - Prevención y Control Ambiental
- Proyecto Formativo: Estructuración de medidas de manejo para la prevención y control de impactos ambientales en el sector productivo y social
- Fase del Proyecto: Planear
- **Actividad del Proyecto: AP2. Obtener muestras representativas según protocolos y técnicas de análisis fisicoquímico** (Guía de aprendizaje N° 2)
- Competencia Asociada: 291201001 - Obtener muestras representativas según protocolos y técnicas de análisis fisicoquímico
- Resultado de Aprendizaje: 291201001-01 - Tomar muestras de agua y suelo de acuerdo con la normatividad vigente y los protocolos establecidos
- Duración: 3 semanas: Lunes 9 de febrero al Viernes 27 de febrero de 2026 (120 horas totales)
- Instructor: Alexander González Olarte

R1: Tomar muestras de agua y suelo de acuerdo con la normatividad vigente y los protocolos establecidos.

* Hace parte de la competencia: Obtener muestras representativas de agua, suelo y aire (Norma 291201001).
* Objetivo: que el aprendiz ejecute muestreos de agua y suelo de forma técnicamente correcta, segura y trazable.

Interpretación de normativa y planificación del muestreo

* Interpretar la normativa ambiental aplicable a muestreo de agua y suelo (requisitos, límites, responsabilidades).
* Leer y comprender protocolos y procedimientos técnicos para la toma de muestras.
* Interpretar el plan de muestreo: objetivos, puntos, parámetros, frecuencia y número de muestras.
* Localizar espacialmente los puntos de muestreo usando planos, coordenadas y cartografía básica.

Preparación de equipos, materiales y sitio

* Diferenciar y seleccionar equipos y materiales de muestreo según tipo de fuente y parámetro a medir.
* Interpretar manuales técnicos de funcionamiento para el uso correcto de los equipos.
* Trasladar equipos y materiales al sitio de muestreo garantizando su integridad.
* Limpiar los equipos antes y después del muestreo, aplicando los procedimientos de mantenimiento básico.

Ejecución del muestreo y manejo de muestras

* Describir y aplicar los procedimientos para la toma de muestras de agua y suelo establecidos en los protocolos.
* Calcular la cantidad de muestra a tomar según el tipo de análisis requerido.
* Recolectar las muestras de agua y suelo evitando contaminación cruzada.
* Preservar, etiquetar, embalar y conservar las muestras (recipientes, reactivos de preservación, temperaturas).
* Medir parámetros in situ cuando lo exija el protocolo (por ejemplo, pH, temperatura, conductividad).

Registro, cadena de custodia y entrega

* Diligenciar formatos y documentación del muestreo (actas, fichas de campo, registros de equipo).
* Verificar y asegurar la cadena de custodia según normativa y tipo de análisis (sellos, firmas, tiempos).
* Transportar la muestra al laboratorio siguiendo los protocolos definidos.
* Entregar la muestra en el laboratorio según el protocolo de recepción y documentar evidencias y metodología del muestreo.

RAP: TOMAR MUESTRAS DE AGUA Y SUELO DE ACUERDO CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE Y LOS PROTOCOLOS ESTABLECIDOS.

Prevención y Control Ambiental

Informe técnico de muestreo de agua y suelo. GA2-291201001-AA1-EV02

* Fecha de entrega **máxima**:
  * 28 de febrero de 2026

Criterios de evaluación

* Aplica los procedimientos para la toma de muestras de agua según el plan de muestreo.
* Aplica los procedimientos para la toma de muestras de suelo según las características físicas del suelo.
* Emplea los equipos de medición de parámetros in situ según los protocolos de muestreo.
* Utiliza los elementos de protección personal de acuerdo con especificaciones técnicas de medición in situ.
* Selecciona el medio de transporte de la muestra de acuerdo con protocolos y cadena de custodia.
* Asegura la cadena de custodia de conservación de la muestra según la normativa vigente.
* Presenta la muestra al laboratorio con base en el protocolo de recepción de la muestra.
* Elabora el informe de muestreo, con base en los registros.
* Establece comunicaciones asertivas con el equipo de trabajo de acuerdo con manual de convivencia y protocolos.

ICONTEC

* Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) son adoptadas principalmente por el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación), el cual actúa como el organismo nacional de normalización. Se basan en estándares internacionales (ISO, COPANT) o extranjeros (como el NEC para la NTC 2050), y se adoptan mediante convenios, decretos y la gestión de comités técnicos para mejorar la competitividad.

Aspectos clave de la adopción de las NTC

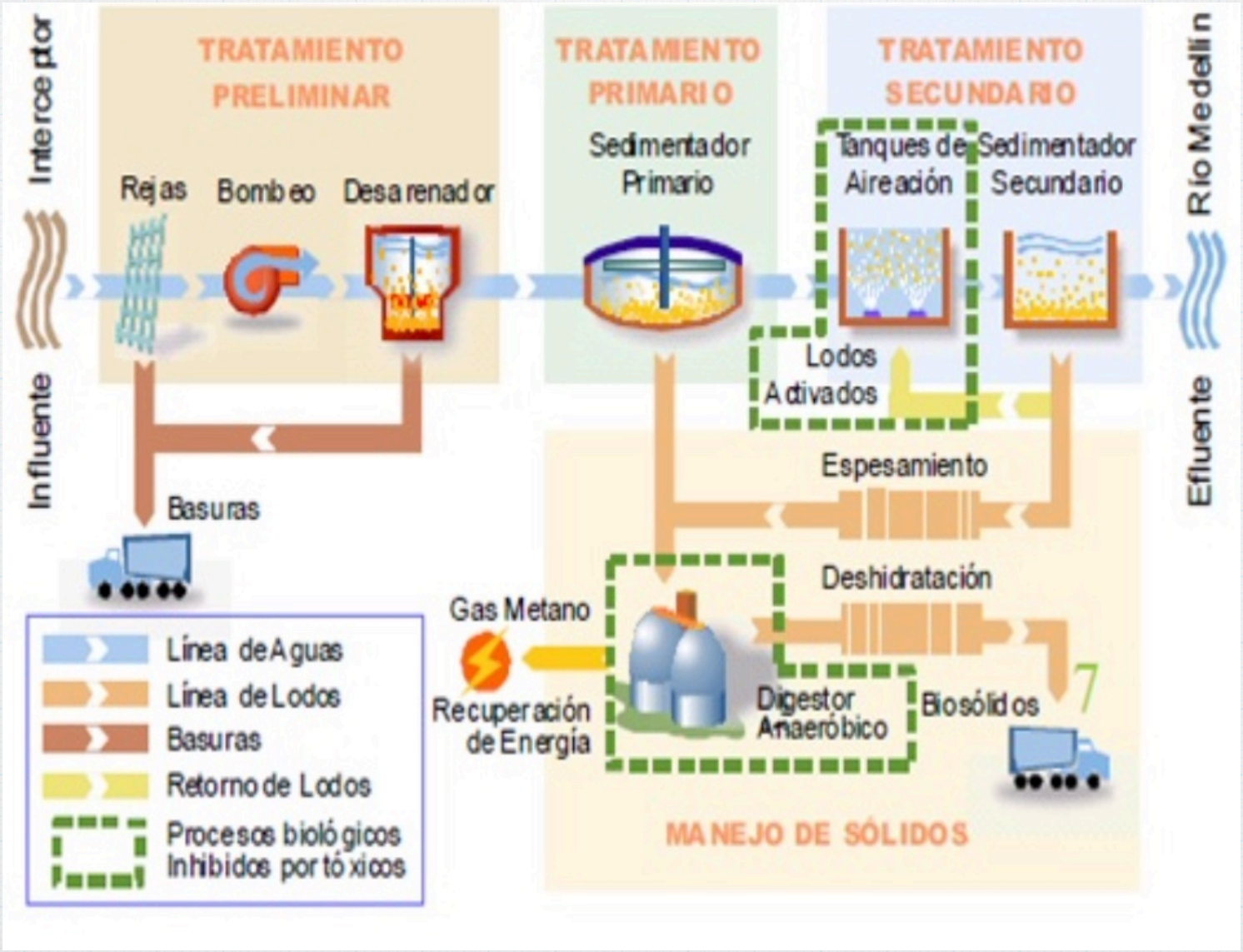
* Origen de adopción: ICONTEC adopta estas normas, a menudo basándose en normas internacionales (ISO) o de otros países (ej. NEC, NFPA para electricidad).
* Marco legal: Se adoptan mediante resoluciones de ministerios, la Supervigilancia u otras entidades públicas (por ejemplo, el Ministerio de Ambiente o la Función Pública).
* Entidades involucradas: El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo impulsa el plan de adopción, mientras que ICONTEC, junto con comités técnicos, desarrolla los contenidos.
* Ejemplos: La NTC 2050 (Código Eléctrico) se adopta del NEC, y diversas NTC de calidad en gestión pública siguen el Decreto 4110 de 2004.
* En resumen, las NTC provienen de una labor de normalización técnica liderada por ICONTEC, que adopta, adapta o crea normas basándose en estándares internacionales para el contexto colombiano.

Técnicas de medición

Técnica	Ventajas	Desventajas
Manual	Visual, bajo costo	Puntual
Automática	Precisa, remota	Costo alto
Mixta	Verificación mutua	-
Inmersión	Profundidad	Requiere esterilidad
Al azar	Rápida superficie	Menos precisa

Tipos de muestra

Tipo	Descripción	Aplicación típica	Fórmula clave (si aplica)
Simples	Un momento/lugar fijo	Aguas naturales, grifos fisicoquímicas	-
Compuestas	Múltiples parciales por tiempo/ caudal	Vertimientos industriales, ríos	$V_p = Q_p \times \frac{V_c}{N \times Q}$
Integradas	Mezcla simples de puntos simultáneos	Variación caudal, proporcional	Volumen $\propto$ caudal
En serie	Perfil (vertical) o área (horizontal)	Oceanografía, capas termohalinas	-
Periódicas/Continuas	Regulares o no-stop	Monitoreo 24/7	-


Interceptor
Influente
TRATAMIENTO PRELIMINAR
Rejas
Bombeo
Desarenador
Basuras
TRATAMIENTO PRIMARIO
Sedimentador Primario
TRATAMIENTO SECUNDARIO
Tanques de Aireación
Sedimentador Secundario
Lodos Activados
Río Medellín
Efluente
Espesamiento
Deshidratación
Gas Metano
Recuperación de Energía
Digestor Anaeróbico
Biosólidos
MANEJO DE SÓLIDOS
Línea de Aguas
Línea de Lodos
Basuras
Retorno de Lodos
Procesos biológicos Inhibidos por tóxicos

¿Qué analizaremos?

* 0. Generalidades - Cadena de custodia - plan de muestreo - normatividad
* 1. pH
* 2. Temperatura
* 3. Oxígeno disuelto
* 4. Conductividad
* 5. Turbidez
* 6. Sólidos suspendidos totales
* 7. Sólidos suspendidos volátiles
* 8. DQO
* 9. Sólidos Totales
* 10. SAAM
* 11. COLOR
* 12. DBO
* 13. Grasas y Aceites

Normatividad

- Jerarquía Normativa
  - Constitución Política: Norma suprema; todas las demás deben ajustarse a ella.
  - Tratados Internacionales (ratificados): Bloque de constitucionalidad para derechos humanos.
  - Leyes (Congreso): Ordinarias, orgánicas, estatutarias; rango legislativo superior.
  - Decretos-Leyes/Legislativos: Fuerza de ley (facultades extraordinarias o estados de excepción).
  - Decretos Reglamentarios (Presidencia): Desarrollan leyes (ej. Decreto 1076/2015).
  - Resoluciones/Ordenanzas (Ministerios/Entidades): Detallan aplicación específica (ej. Res. 631/2015).

Constitución Política (Nivel Supremo)

* Título: **Constitución Política de 1991** - Norma de Normas
* Contenido: Artículo 4: "La Constitución es norma de normas". Base de todo ordenamiento jurídico; derechos fundamentales, estructura estatal y principios ambientales (Art. 79). Todas las normas inferiores deben ajustarse a ella.
* Visual: Pirámide en cúspide. Ejemplo: Ley 99/1993 deriva de ella

Constitución Política (Nivel Supremo)

* Colombia se define como un Estado social de derecho, democrático, participativo y pluralista, organizado como República unitaria pero con descentralización y autonomía de las entidades territoriales.
* El Estado existe para servir a la comunidad, garantizar derechos y deberes, promover la prosperidad general y asegurar la convivencia pacífica y un orden justo.
* La soberanía reside en el pueblo, que puede participar directamente o por medio de sus representantes en las decisiones que lo afectan.
* La Constitución es "norma de normas": en caso de conflicto entre una ley y la Constitución, prevalece la Constitución.

Derechos fundamentales y deberes

* Reconoce derechos fundamentales como la vida (sin pena de muerte), integridad personal (prohibición de tortura y tratos crueles), igualdad ante la ley y libre desarrollo de la personalidad.
* Garantiza libertades de conciencia, de culto, de expresión, de enseñanza y de participación política, así como la protección de la familia, la niñez, la juventud y la tercera edad.
* Establece derechos sociales: educación obligatoria y en principio gratuita en instituciones del Estado, salud y seguridad social para todos, y protección del ambiente.
* Incluye deberes de las personas: respetar los derechos ajenos, obedecer la Constitución y las leyes, participar en la vida cívica y política, y defender los derechos humanos y la paz.

Tratados Internacionales

* Título: **Tratados y Convenios Internacionales**
* Contenido: Bloque de constitucionalidad (ratificados por Congreso). Prevalecen sobre leyes ordinarias en DDHH y ambiente (ej. Convenio Ramsar, París). Jerarquía: post-Constitución, pre-leyes.
* Visual: Flecha bajo Constitución. Ejemplo: Acuerdos climáticos vinculantes.

Ejemplos: Convenio Ramsar - Acuerdo de París

* Título: Convenio Ramsar - Jerarquía Internacional
* Misión Ramsar (1971): Conservación y uso racional de humedales mediante acciones locales/nacionales y cooperación internacional para desarrollo sostenible. Colombia (desde 1998) tiene 9 Sitios Ramsar (ej. Complejo Lagunar Fúquene). Pilares: Uso racional, Lista Ramsar, cooperación transfronteriza.
* Acuerdo de París (2015): Ratificado por Colombia (Ley 1820/2016). Limita calentamiento global <2°C; **compromisos NDC** para reducción emisiones, **adaptación cambio climático** y **protección ecosistemas acuáticos/ humedales**. Vinculante sobre leyes ordinarias en ambiente.

NDC ACTION - COLOMBIA

FACILITANDO LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DESARROLLO RESILIENTE AL CLIMA Y CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

Recomendaciones institucionales para la financiación climática y para dinamizar la financiación en AFOLU y eficiencia energética

29 de septiembre de 2023

Financiado por:

Implementado por:

Entidad Técnica Nacional:

Proyecto NDC Action

* Resumen Ejecutivo Liderado por: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Centro Climático de Copenhague (UNEP-CCC)
* Socio nacional: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)
* Implementador: Fedesarrollo

Proyecto NDC Action

- Objetivo general:
  - Facilitar la implementación de un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono, alineado con los compromisos de Colombia bajo las NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional).

Proyecto NDC Action

- Enfoque del proyecto
  - Fortalecer la institucionalidad climática nacional.
  - Dinamizar la inversión y el financiamiento climático.
  - Diseñar un modelo de aceleración de proyectos climáticos que promueva la estructuración y el escalamiento del financiamiento NDC.
  - Capacitar actores nacionales en el uso de la herramienta GACMO (para cuantificación y costeo de medidas NDC).

Resultados y componentes (NDC)

* I. Análisis sectorial
  * Recomendaciones institucionales en sectores AFOLU y Eficiencia Energética. Diseño y operación de mecanismos financieros sectoriales.
* II. Gobernanza de la NDC
  * Diseño del modelo de **aceleración de proyectos** climáticos. Estrategia para fortalecer la gobernanza institucional de la NDC. Desarrollo de metodología **GACMO 2.1** (Greenhouse Gas Abatement Cost Model) y guías de **priorización** y **costeo**. Ejecución de talleres sobre estructuración y financiamiento verde.

Resultados y componentes (NDC)

* III. Inversión climática
  * Notas conceptuales en AFOLU y Eficiencia Energética.
  * Identificación de brechas, necesidades e instrumentos financieros.
  * Elaboración de una Concept Note para financiadores internacionales.
* IV. Evento de cierre – Sept. 2024 Presentaciones sobre ESCOs, financiamiento en AFOLU, gobernanza NDC y lecciones aprendidas.

Impacto esperado NDC

* Mayor capacidad nacional para estructurar y financiar proyectos climáticos.
* Fortalecimiento de la cooperación entre gobierno, sector privado y cooperación internacional.
* Escalamiento del financiamiento climático hacia la implementación efectiva de las metas NDC de Colombia.

NDC en el mundo

* Las NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional) son los compromisos climáticos **voluntarios** de los países bajo el Acuerdo de París para reducir emisiones y adaptarse al cambio climático, con actualizaciones cada **5 años** para mayor ambición.

* A febrero de 2026, Colombia ha presentado su NDC 3.0 (**septiembre 2025**), ratificando una reducción del 51% en emisiones para 2030 vs. escenario BAU(Business As Usual) (límite de 169 MtCO2e incluyendo LULUCF), calificada como "casi suficiente" globalmente por su alta ambición relativa al fair share.

Cobertura global NDC

* Hasta noviembre 2025, **77 nuevas NDC** (ciclo 2025) representan a 103 países, pero solo ~17% de gobiernos las presentaron antes del plazo de febrero 2025; muchas pendientes para COP30. Casi todos los 196 países parte del Acuerdo de París tienen al menos una NDC, con énfasis en metas de toda la economía alineadas a 1.5°C.

Posición de Colombia NDC

- Colombia destaca por su ambición: meta 2030 es 6-22% más fuerte que la NDC inicial (2020), con pico de emisiones en 2027 y neutralidad carbono en 2050
- WWF la llamó "#NDCqueQueremos" por incluir sectores como AFOLU y eficiencia energética. En rankings como CCPI (Climate Change Performance Index) 2026, ocupa **puesto 36/63** (bajo en GHG pero alto en uso energético)
- Climate Action Tracker la califica "almost sufficient" vs. fair share.

Comparación Regional NDC

* En América Latina y Caribe, 23/33 países tienen NDC 3.0 (enero 2026); Colombia lidera junto a Costa Rica, Panamá y Surinam por ambición y transición justa, superando a Brasil/México (baja ambición).

País	Meta 2030 (reducción vs. BAU o ref.)	Calificación (ej. CAT/WWF)	Estado NDC 3.0 (2026)
Colombia	51% (169 MtCO2e abs.)	Casi suficiente / #NDCqueQueremos	Presentada
Chile	~45%	Buena	Presentada
Costa Rica	70% (neto cero anticipado)	Excelente	Presentada
Brasil	~50% (débil en deforestación)	No queremos	Pendiente
México	~40% (largo camino)	Insuficiente	Actualizada
Ecuador	Reducción 2026-2035 (fases)	Media	Presentada

Acuerdo de París

* El Acuerdo de París es un **tratado internacional** adoptado el 12 de diciembre de 2015 durante la COP21 en París, bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

* Involucra a 195 países y la Unión Europea, con entrada en vigor en 2020, reemplazando al Protocolo de Kioto. Su enfoque es "de abajo hacia arriba", con metas voluntarias nacionales en lugar de obligaciones estrictas.

Antecedentes Históricos AP

* Surgió tras el Protocolo de Kioto (1997), que solo obligaba a países desarrollados, limitando su efectividad. Negociado en la COP21 por representantes de casi todos los países, fue firmado el 22 de abril de 2016 (Día de la Tierra) y ratificado por más de 55 partes que representan el 55% de emisiones globales. EE.UU. se retiró en 2017 y 2025 bajo Trump, pero otros países reafirmaron su compromiso.

Objetivos Principales AP

* Mantener el aumento de temperatura global por debajo de **2°C** respecto a niveles preindustriales, persiguiendo 1.5°C para reducir riesgos. Aumentar la **capacidad de adaptación y resiliencia** climática sin comprometer la producción de alimentos, en contexto de desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza. Lograr equilibrio entre emisiones y absorciones de GEI en la segunda mitad del siglo, apuntando a net-zero en 2050.

Mecanismos Clave (NDCs) AP

* Cada país presenta Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), planes voluntarios de reducción de emisiones, adaptación y financiamiento, actualizados cada 5 años con mayor ambición (principio de progresión). Incluye revisiones globales cada 5 años (primera en 2023) para evaluar avances colectivos. Países desarrollados lideran en financiamiento (100 mil millones USD anuales desde 2020) y transferencia tecnológica.

Implementación y Desafíos AP

* Progreso lento: NDCs actuales apuntan a **2.6-3.1 °C** de calentamiento si no se actualizan; brechas en implementación y ambición persisten. Incluye perspectiva de género, derechos humanos y pueblos indígenas; promueve acción para el empoderamiento climático (educación, sensibilización). Desafíos incluyen falta de fondos, multilateralismo debilitado y necesidad de transiciones rápidas a renovables.

Leyes

* Las leyes del Congreso en Colombia, como nivel legislativo superior en la jerarquía normativa, establecen el **marco general** para la protección ambiental, agua y suelo, subordinando decretos y resoluciones. Se clasifican en ordinarias (mayoría simple), orgánicas (mayorías calificadas para organización estatal) y estatutarias (derechos fundamentales, 8 votos en Senado/Cámara).

Leyes Ordinarias (Ambiente/ Agua/Suelo)

* Mayoría simple; regulan políticas amplias.
* Ley 99/1993
* Ley 142/1994

¿Qué es la Ley 99 de 1993?

* Es la Ley General Ambiental de Colombia, expedida el 22 de diciembre de 1993.
* Crea el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) como autoridad rectora de la política ambiental del país.
* Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del ambiente y de los recursos naturales renovables.
* Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), conjunto de instituciones, normas, recursos y programas que ejecutan la política ambiental.
* Define el ordenamiento ambiental del territorio: el Estado debe regular el uso del suelo y de los recursos naturales para garantizar desarrollo sostenible.

¿Qué es la Ley 99 de 1993?

- Principios y funciones ambientales
  - Establece principios como desarrollo sostenible, prevención, precaución, participación ciudadana y quien contamina paga.
  - Señala que el ambiente sano es patrimonio común y su protección es responsabilidad del Estado y de los particulares.
  - Define el SINA con una jerarquía: Ministerio de Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), departamentos, distritos y municipios.
  - Asigna funciones al Ministerio: formular la política ambiental, fijar criterios de uso del territorio, regular emisiones y vertimientos, proteger ecosistemas estratégicos como Amazonia y Chocó Biogeográfico.
  - Obliga a evaluar y controlar los impactos ambientales de proyectos de desarrollo mediante licencias, seguimiento y sanciones.

¿Qué es la Ley 142 de 1994?

* Es la ley que establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia (agua, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, telefonía fija básica, gas domiciliario).
* Define qué son los servicios públicos domiciliarios y los considera esenciales para la calidad de vida de la población.
* Busca asegurar que estos servicios se presten de manera continua, eficiente, con buena calidad y sin abusos hacia los usuarios.
* Permite que presten los servicios empresas públicas, privadas o mixtas, bajo reglas de competencia y evitando monopolios.
* Asigna a los municipios la responsabilidad de garantizar que sus habitantes tengan acceso a los servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y telefonía básica.

¿Qué es la Ley 142 de 1994?

- Objetivos y control de los servicios
  - Objetivos principales: garantizar calidad del servicio, ampliar cobertura, priorizar agua potable y saneamiento básico, y asegurar prestación continua.
  - Establece que las tarifas deben cubrir los costos del servicio, pero prevé subsidios para usuarios de menores ingresos (estratos bajos).
  - Promueve la participación de los usuarios en el control de la gestión de las empresas de servicios públicos.
  - Crea y fortalece la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios para vigilar, controlar y sancionar a las empresas que presten mal el servicio.
  - Define reglas para la regulación (comisiones de regulación) y para las sanciones cuando las empresas incumplen sus obligaciones frente a los usuarios.

Leyes Orgánicas (Estructura Ambiental)

* Mayorías absolutas; reorganizan entidades.
* Ley 1333/2009: Código Nacional Ambiente; sanciones, inspección, participación ciudadana en agua/suelo. Define "punto neutro" vertimientos.

¿Qué es la Ley 1333 de 2009?

* Es la ley que establece el procedimiento sancionatorio ambiental en Colombia, es decir, las reglas para investigar y sancionar a quienes violan normas ambientales.
* Indica cómo se inicia un proceso sancionatorio: de oficio, por denuncia ciudadana o por una medida preventiva previa.
* Señala que la autoridad ambiental investiga los hechos, recibe descargos y, mediante acto administrativo motivado, decide si hay infracción y qué sanción aplica.
* Crea el Registro Único de Infractores Ambientales (RUIA), donde se inscriben las personas y empresas sancionadas.
* Define causales para archivar procesos, como inexistencia del hecho, muerte del investigado (persona natural) o que la actividad esté legalmente autorizada.

¿Qué es la Ley 1333 de 2009?

* Medidas preventivas y sanciones
  * Las medidas preventivas son inmediatas y transitorias, buscan evitar o frenar el daño mientras se investiga (no son todavía la sanción).
  * Medidas preventivas principales: decomiso preventivo de productos o equipos usados para la infracción, aprehensión de fauna y flora silvestres, suspensión de la obra o actividad que cause o pueda causar daño.
  * Sanciones ambientales: amonestación escrita, multas hasta por cien mil salarios mínimos mensuales legales, cierre temporal o definitivo del establecimiento, revocatoria o caducidad de licencias, permisos o concesiones, demolición de obra a costa del infractor, decomiso definitivo y restitución de especies.
  * La autoridad debe graduar la sanción según la gravedad del daño, reincidencia, provecho económico obtenido y si el hecho afectó áreas protegidas o especies amenazadas.
  * El infractor puede atenuar la sanción si confiesa antes del proceso o si corrige y mitiga el daño por iniciativa propia, sin generar un daño mayor.

Leyes Estatutarias (Protección Fundamental)

* 8 votos; derechos colectivos (Art. 88 Constitución). Ley 1844/2017 (ratifica Acuerdo París): Estatutaria cambio climático; impacto en calidad agua/suelo por sequías/ inundaciones.

¿Qué es la Ley 1844 de 2017?

* Es la ley mediante la cual Colombia aprueba el Acuerdo de París adoptado el 12 de diciembre de 2015 en la COP21.
* Autoriza al Presidente para ratificar el Acuerdo de París ante Naciones Unidas, con lo cual Colombia queda jurídicamente obligada a cumplirlo.
* Incorpora el texto completo del Acuerdo de París como anexo de la ley, dándole fuerza de ley interna en Colombia.
* Confirma que la lucha contra el cambio climático se vuelve parte de la política de Estado, no solo de gobierno.

¿Qué es la Ley 1844 de 2017?

- Compromisos que asume Colombia con esta ley
  - Compromiso de reducir emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia del país frente a los impactos del cambio climático.
  - Presentar y actualizar periódicamente las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), que recogen las metas de Colombia en mitigación y adaptación.
  - Integrar el cambio climático en planes de desarrollo, políticas sectoriales y ordenamiento del territorio.
  - Fortalecer sistemas de información climática (IDEAM y SIAC), monitoreo de emisiones y transparencia en el reporte a la comunidad internacional.
  - Promover cooperación internacional, financiamiento climático y transferencia de tecnología para cumplir las metas del Acuerdo de París.

Decretos - Decreto 2811 de 1974

* Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente (18 dic. 1974, DO 34.243).
* Propósito: Preservar ambiente, conservar recursos renovables (aguas, suelos, flora/fauna), prevenir daños, regular uso racional y sostenible.
* Estructura:
  * Libro I: Ambiente (definiciones, política, contaminación, residuos, zonificación, emergencias).
  * Libro II: Recursos renovables (propiedad, permisos/concesiones, reservas, servidumbres).
* Claves:
  * Uso eficiente sin perjuicio; dominio público sobre recursos.
  * Prohibiciones: descargas sin tratamiento (Art. 138), caducidad por incumplimiento.
  * Instrumentos: permisos (10 años), tasas contaminación, estudios previos.

Decreto 1594 de 1984 - Usos del Agua y Vertimientos

- Reglamenta parcialmente Ley 9/1979 y Decreto 2811/1974
- Propósito: Regula usos del agua (humano, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, preservación), criterios de calidad y normas para vertimientos/residuos líquidos a cuerpos de agua/alcantarillados.
- Claves:
  - Criterios calidad: Tablas por uso (ej. consumo humano: pH 5-9, As <0.05 mg/l, coliformes <20k NMP/100ml).
  - Normas vertimientos: Remoción ≥80% carga orgánica (DBO); pH 5-9, T≤40°C, sin flotantes; CMP por sustancias tóxicas (ej. Hg 0.02 mg/l).
  - Prohibiciones: Dilución intencional, inyección acuíferos (salvo reinyección), vertimientos calles/alcantarillado lluvias.
  - Usuarios: Nuevos/existentes; permisos EMAR + autorización sanitaria; bioensayos toxicidad.
- Relevancia: Aún aplica artículos clave; base histórica control contaminación hídrica.

Decreto 1594/1984

* Reglamenta usos agua y vertimientos
* Objetivo: Define calidad agua por usos (humano, agropecuario, industrial, preservación) y normas vertimientos a cuerpos agua/alcantarillados.
* Elementos clave: Calidad:
  * Tablas parámetros (pH 5-9 humano, coliformes bajos).
  * Vertimientos: ≥80% remoción DBO; límites pH, T, metales (Hg 0.02 mg/l); sin dilución.
  * Prohibido: Vertir calles/lluvias, inyectar acuíferos.
  * Control: Permisos EMAR + sanitarios; bioensayos.
* Impacto: Base control hídrico; relevante transición normativa.

Decreto 1076 de 2015

* Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (26 may. 2015). Compila >100 decretos; actualizado (últ. 2024).
* Objeto: Reglamenta leyes ambientales (Ley 99/1993+); uso sostenible recursos renovables, ordenamiento territorial, SINA.
* Estructura clave (Libros 1-2):
  * Libro 1: Estructura SINA (MinAmbiente, ANLA, CAR, IDEAM, PNN, FONAM).
  * Libro 2: Reglamentario (biodiversidad, aguas, vertimientos, aire, licencias, sanciones, SINAP).
* Recursos regulados:
  * Agua: Concesiones, usos (humano, agro, preservación), vertimientos.
  * Suelos/Bosques: Permisos aprovechamiento sostenible, planes manejo, salvoconductos.
  * Otros: Licencias ambientales, EIA, inversión 1%, APA.
* Vigencia: Nacional; autoridades ambientales (CAR, ANLA) ejecutan vía VITAL

Licenciamiento Ambiental (Decreto 1076/2015)

- Definición: Autorización para proyectos/obras/actividades que deterioren recursos renovables o ambiente (agua, suelo). Culmina con otorgamiento/negación.
- Cuándo requerida: Lista matriz (Art. 2.2.2.3.2.3): ej. minería >ciertos ton, hidroeléctricas >10MW, carreteras >10km, rellenos sanitarios, afectación agua/suelo significativa.
- Autoridades (Art. 2.2.2.3.1.2):
  - ANLA: Nacionales/grandes (ej. minería carbón >800k ton/año).
  - CAR: Regionales.
  - Municipios >1M hab: Urbanos.
- Proceso:
  - Solicitud + DAA/EIA + PMA.
  - Consulta pública/APA.
  - Decisión (60-150 días); integra concesiones agua/vertimientos/bosques.
- Evaluación impactos: Estudios abióticos/bióticos/socioeconómicos; mitigación, monitoreo, contingencias. Obligaciones: ICA semestrales.

Trabajo en clase

* Seleccionar un tratado, decreto o ley y responder ¿Cómo se relaciona su instrumento con la **OBTENCIÓN DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE AGUA, SUELO Y AIRE?**

Resolución

* Las resoluciones en materia ambiental en Colombia son actos administrativos emitidos por autoridades como el Ministerio de Ambiente, ANLA o CAR para regular, licenciar o sancionar impactos ambientales. Su función principal es implementar la normativa superior (leyes como la 99 de 1993 y 1333 de 2009), estableciendo estándares técnicos, términos de referencia y medidas preventivas o sancionatorias.
* Sirven para detallar obligaciones en licencias ambientales, definir parámetros de calidad (aire, agua, suelos), metodologías de multas y procedimientos sancionatorios, asegurando el cumplimiento de la gestión ambiental sostenible. En resolución de conflictos, facilitan medidas como aprehensiones, decomisos o centros de diálogo (Res. 2035/2018).

Resolución

* Res. 2086/2010: Metodología para calcular multas por infracciones ambientales.
* Res. 2254/2018: Norma de calidad del aire ambiente.
* Res. 1519/2017: Términos de referencia para EIA en hidroeléctricas.
* Res. 1221/2021: Planificación y control de recursos naturales.
* Res. 2035/2018: Crea Centros Regionales de Diálogo Ambiental para transformar conflictos socioambientales.
* Res. 631 de 2015: Establece los parámetros y valores límites máximos permisibles para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público.
* Res. 699 de 2021: Parámetros para vertimientos de aguas residuales domésticas tratadas al suelo.
* Res. 883 de 2018: Modifica aspectos de cumplimiento en captación y descarga en el mismo cuerpo de agua.

Res. 631/2015

SECTOR: ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE AGROINDUSTRIA Y GANADERÍA

ARTÍCULO 9. ***Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería.*** Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de las actividades productivas de agroindustria y ganadería, serán los siguientes:

AGROINDUSTRIA

PARÁMETRO	UNIDADES	PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS, FRUTAS, LEGUMBRES, RAÍCES Y TUBÉRCULOS	BENEFICIO DE CAFÉ (CLASIFICACIÓN DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS – FNC/ CENICAFE).	
			PROCESO O ECOLÓGICO	PROCESO TRADICIONAL
Generales				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	5,00 a 9,00	5,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O_2	150,00	3.000,00	650,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L O_2	50,00		400,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100,00	800,00	400,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	10,00	10,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	30,00	10,00

IRCA, indicadores y reglamentación del agua para consumo humano en Colombia

* Decreto 1575 de 2007
* Resolución 2115 de 2007
* Objetivo: Comprender qué es el IRCA, qué mide y qué normas lo soportan.

¿Por qué medir la calidad del agua?

* Agua potable segura = salud pública, prevención de EDA (Enfermedad Diarreica Aguda), confianza en el servicio.
* El Estado exige un sistema de protección y control de la calidad del agua para consumo humano (Decreto 1575 de 2007).
* Puente: "De ese sistema nace un indicador clave: el IRCA".

Definición de IRCA

- Cita en lenguaje sencillo del art. 12 del Decreto 1575 de 2007:
  - IRCA = grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades por no cumplir características físicas, químicas y microbiológicas del agua de consumo humano.
- Aclaración: No es un parámetro más, es un índice que integra varios parámetros.

¿Para qué sirve el IRCA?

* Método fundamental para evaluar resultados de análisis de agua para consumo humano.
* Permite saber si el agua que se entrega a la comunidad es apta o no, e identificar el nivel de riesgo sanitario.
* Se usa para vigilancia (autoridad sanitaria) y control (prestadores de acueducto).

Relación IRCA - normatividad*

* IRCA está normado por Decreto 1575 de 2007 y desarrollado por Resolución 2115 de 2007.
* La 2115 establece:
  * Características físicas, químicas y microbiológicas que debe cumplir el agua.
  * Instrumentos básicos, frecuencias y sistema de control y vigilancia.

Parámetros que alimentan el IRCA

- Se calcula a partir de resultados fisicoquímicos y microbiológicos reportados al SIVICAP.
- Ejemplos de parámetros típicos que influyen:
  - Físicos: color, turbiedad, olor.
  - Químicos: cloro residual, pH, sustancias con efecto adverso (metales, nitratos, etc.).
  - Microbiológicos: coliformes totales, E. coli.
- Cada incumplimiento suma riesgo al IRCA

Rangos de IRCA y niveles de riesgo

- El IRCA se comporta como un porcentaje entre 0 y 100.
- Los rangos usuales:
  - 0-5%: sin riesgo - agua apta para consumo.
  - 5-14%: riesgo bajo.
  - 14-35%: riesgo medio.
  - 35-80%: riesgo alto.
  - 80-100%: inviable sanitariamente (agua no apta).
- ¿En qué rango creen que está su municipio?

Tabla 1. Puntaje de riesgo asociado a cada característica de la calidad del agua, según la Resolución 2115 de 2007

Característica del agua	Puntaje de riesgo asociado
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al+3)	3
Fluoruros	1
COT (Contenido orgánico total)	3
Coliformes totales	15
Escherichia coli	25
Puntaje total asignado	100

* ¿Qué les dice este número sobre la calidad del agua?



Observatorio Ambiental de Bogotá

* https://oab.ambientebogota.gov.co/indice-de-riesgo-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-eaab-e-s-p/#info

Normatividad

* Decreto 1575 de 2007: enlace
* Resolución 2115 de 2007: enlace
* Objetivo: Comprender qué es el IRCA, qué mide y qué normas lo soportan.

Reglamentación básica

- Decreto 1575 de 2007:visión general: enlace
- Es el decreto que establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
- Puntos clave:
  - Define IRCA e IRABAm como instrumentos básicos.
  - Asigna responsabilidades a prestadores, autoridades sanitarias y demás actores.
- Sin este decreto, el IRCA no tendría marco legal.

Reglamentación básica

* Resolución 2115 de 2007: enlace

* "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano".
* Define:
  * Valores máximos aceptables para características físicas y químicas que garantizan que el agua no represente riesgos conocidos.
  * Características microbiológicas y sus límites.
  * Directrices para la vigilancia y reporte de resultados.

IRCA dentro del sistema de vigilancia

* El IRCA se calcula como parte del Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua Potable - SIVICAP.
* Se reporta por muestra, mensual y a nivel municipal (IRCA municipal ponderado).
* Sirve para reportes nacionales (INCA, informes del INS y MinSalud).

Cierre y actividad rápida

* Actividad de aplicación (5–10 min)
* CASO DE ESTUDIO:
* Caso A: IRCA = 3%. Preguntar: nivel de riesgo, ¿agua apta?, ¿acciones?
* Caso B: IRCA = 22%. Preguntar: nivel de riesgo y posibles causas (parámetros que podrían estar fallando).
* Caso C: IRCA = 85%. Preguntar: implicaciones para el prestador y la autoridad sanitaria.

IRCA

* IRCA no es un número decorativo; orienta decisiones de gestión de riesgo, inversión en tratamiento y comunicación al usuario.

Contexto del RAS y del Título E

* RAS 2000 – Título E: Tratamiento de Aguas Residuales.
  * Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
* Objetivo: "Reconocer el alcance y los componentes principales del Título E para el diseño y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia".

¿Qué es el RAS?

* Es el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, adoptado por resolución nacional, que fija requisitos técnicos para diseños, obras y procedimientos del sector.
* Cada título de la Sección II (B, C, D, E, F, G) actúa como manual de prácticas de buena ingeniería para cada componente (acueducto, potabilización, alcantarillado, tratamiento de AR, residuos, etc.).
* ¿En qué otros títulos del RAS han trabajado o escuchado?

Alcance del Título E

* El Título E fija criterios básicos y requisitos mínimos para los procesos de conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales.
* Su propósito es garantizar seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia de estos sistemas.
* Aplica a sistemas que se desarrollen en todo el territorio nacional, en un nivel de complejidad determinado.

Contenido del Título E y generalidades

Estructura general del Título E

- Tabla simple con los componentes (según TABLA E.1.1):
  - Generalidades – Capítulo E.1.
  - Caracterización de las aguas residuales – E.2.
  - Sistemas de tratamiento en el sitio de origen – E.3. Sistemas centralizados – E.4.
  - Emisarios submarinos – E.5.
  - Operación y mantenimiento – E.6.
  - Anexo E.7 – metodologías de diseño recomendadas.
- Una vista panorámica para relacionarlo luego con muestreo y normatividad de vertimientos.

Definiciones básicas

* Aguas residuales: Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.
* Anemómetros (molinete): Dispositivo para medir la velocidad del agua en conductos de grandes dimensiones. Consta de una hélice pequeña conectada a un cuerpo fuselado que va sujeto a una barra graduada para saber la profundidad del punto en el que se desea hacer la medición.
* Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 oC). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

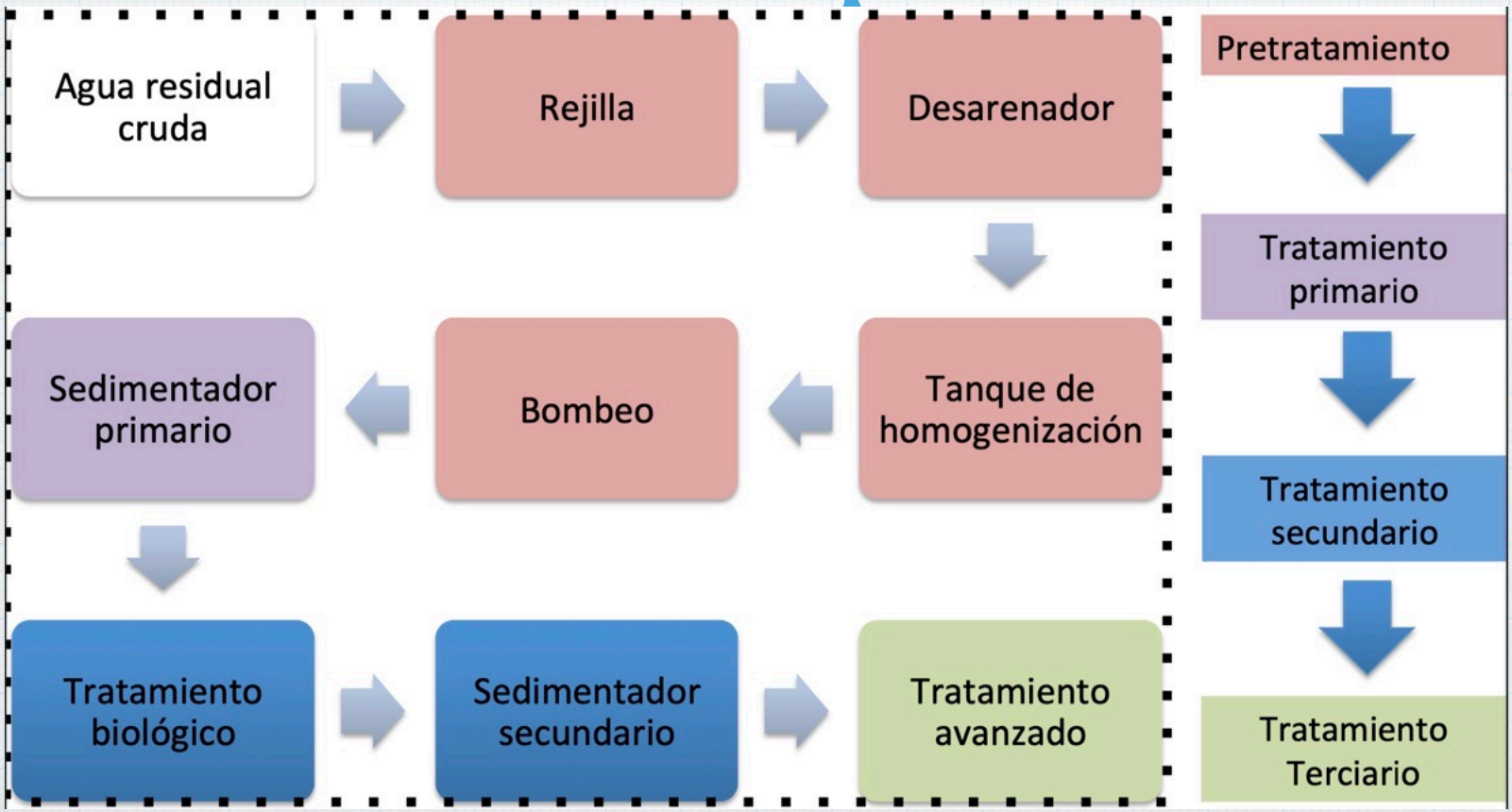
Caracterización de aguas residuales (Cap. E.2)

* El Título E exige caracterizar las aguas residuales antes de diseñar: caudales, variaciones y calidad.
* Parámetros típicos que se consideran: DBO, DQO, sólidos suspendidos, grasas y aceites, nutrientes, coliformes, entre otros.
* Sin buena caracterización, el diseño de la PTAR queda subdimensionado o sobredimensionado.

Sistemas en el sitio de origen vs centralizados

* Sistemas de tratamiento en el sitio de origen (Cap. E.3): aplican a viviendas dispersas, pequeños asentamientos, zonas rurales (tanques sépticos, lechos de secado, lagunas pequeñas).
* Sistemas centralizados (Cap. E.4): PTAR que reciben aguas de redes de alcantarillado de un centro poblado, con procesos más complejos (pretratamiento, primario, secundario, terciario).
* "¿Qué ejemplos de cada tipo han visto en su región?"

Esquema típico de tratamiento municipal



Enfoque de diseño en el Título E

- El Título E plantea que el diseño debe:
  - Ajustarse al nivel de complejidad del sistema.
  - Considerar las condiciones locales (clima, topografía, disponibilidad de terreno, personal).
  - Incorporar criterios de eficiencia, sostenibilidad y redundancia.
- Conexión con RAS Título A: todos los títulos se entienden como manuales de buenas prácticas de ingeniería dentro de un reglamento técnico general.

Operación y mantenimiento (Cap. E.6)

- No basta con construir; el Título E incluye aspectos de operación y mantenimiento para garantizar el desempeño a lo largo del tiempo.
- Elementos clave:
  - Manuales de operación, rutinas de mantenimiento preventivo, control de lodos, monitoreo de parámetros de salida.
  - Necesidad de personal capacitado y de programas de capacitación continua.
- ¿Qué creen que falla más en Colombia: diseño, construcción o operación de las PTAR?

Relación con la normatividad de vertimientos

* Título E no fija límites de vertimiento, pero provee los criterios técnicos para que los sistemas cumplan normas como la Resolución 631 de 2015 (parámetros y límites máximos permisibles).
* La PTAR diseñada bajo RAS debe permitir que el efluente y los lodos tratados cumplan con la normatividad ambiental correspondiente.

Cadena de Custodia y la Importancia del Muestreo Ambiental

* Proceso de recolección representativa de muestras (aguas residuales, suelos, aire) para análisis.
* Garantiza datos fiables para monitoreo de vertimientos y cumplimiento normativo.
* Clave en PTAR como la de SENA CEDEAGRO.

Importancia del Muestreo Correcto

* Evita contaminación cruzada y alteración de parámetros (ej. pH, conductividad).
* Soporta decisiones regulatorias y sanciones.
* Base para informes ambientales válidos legalmente.

¿Qué es la cadena de custodia?

* Es el procedimiento documentado que asegura la trazabilidad de las muestras desde su recolección hasta el análisis y disposición final.
* Registra cronológicamente quién toma, transporta, recibe y analiza la muestra, bajo qué condiciones y en qué momentos.
* Su finalidad es garantizar que las muestras no han sido alteradas, contaminadas o manipuladas indebidamente, dando validez técnica y legal a los resultados.

Etapas de la Cadena de Custodia

* Toma de muestra.
* Preservación y etiquetado.
* Transporte.
* Recepción en laboratorio.
* Análisis y reporte.

Etapa 1: Toma de Muestra

* Se recolecta la muestra en sitio con herramientas estériles, fotografía in situ, geolocalización y etiquetado inicial para evitar contaminación. En contextos ambientales como agua, se usa muestreo manual o automático (mínimo 500 ml), sin purgar grifos para potable.



Etapa 2: Preservación y Etiquetado



* La muestra se preserva en condiciones específicas (ej. cadena de frío, frascos de vidrio esterilizados) con etiquetas únicas, sellos y detalles como fecha, custodio y condiciones. Evita evaporación o cambios químicos; analiza idealmente en <6 horas.

Etapa 3: Transporte

* Se usa embalaje especializado, registro de recorrido, control térmico y custodia documentada para minimizar manipulaciones. El transportador mantiene seguridad y coordina rutas directas.



Etapa 4: Recepción en Laboratorio



* Verificar remisiones, desembalaje, integridad y firmar entrega; asignar a áreas para pretratamiento. Incluye verificación de cadena de custodia y condiciones óptimas.

Etapa 5: Análisis y Reporte

* Realizar pruebas con trazabilidad, preservar contra-muestras y generar reporte final con toda la documentación para validez legal. Cualquier anomalía se registra para no invalidar la evidencia.



Importancia de la cadena de custodia

* Permite demostrar la integridad de la muestra frente a autoridades ambientales, clientes, auditores y entes judiciales.
* Un error en la cadena puede invalidar resultados, repetir campañas de muestreo y generar costos y pérdida de credibilidad.
* Es requisito en sistemas de calidad (por ejemplo, laboratorios acreditados) y en investigaciones donde los datos se usan para sanciones o decisiones regulatorias.

Contenido mínimo del formato de cadena de custodia

* Datos del cliente y del proyecto: razón social, nombre/código del proyecto, contacto.
* Información de la muestra: código, punto de muestreo, coordenadas, matriz (agua residual, superficial, potable, suelo, etc.), tipo de muestra (puntual/compuesta).
* Detalles de muestreo: fecha y hora de toma, responsable, preservación aplicada, condiciones de campo relevantes.
* Parámetros solicitados y tipo/número de envases: físico-químicos, microbiológicos, orgánicos, etc.
* Registro de transferencias: quién entrega, quién recibe, fechas, horas, firmas y observaciones (por ejemplo, frascos rotos, temperatura fuera de rango).

Ejemplos

Laboratorio ABC Química
Investigación y Análisis SA de CV
Acreditación N° R-0091-009/11

CADENA DE CUSTODIA AGUAS Y SUELOS

CODIGO	ENCB-ISA02	FECHA	2018-03-23
VERSION	004	PAGINA	1 DE 1

Fecha de muestreo	Hora
Responsable del muestreo	Firma

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre o Razón social del propietario	Teléfono
Dirección	Persona de contacto
Municipio o Departamento	Sitio del monitoreo

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Código Lab. ABC	N° de muestra	Identificación de la muestra	Toma de muestra (Fecha: Año, Mes, Día)			Preservado		Matriz o tipo de muestra				Tipo y Cantidad de Recipientes				Prueba a realizar
						Si	No									

Estado de la muestra		Si	No	Muestreado por	
Envase suministrado por Lab. ABC		Si	No	Documentos anexos	
Refrigerado (°C)_____		Si	No	Entregado por	
Sello de seguridad		Si	No	Persona que supervisó	
Rechazada		Si	No	Observaciones	
Fecha	Hora	Recibido por			Firma
		Verificado por			Firma

Ejemplos

	LABORATORIO AMBIENTAL CADENA DE CUSTODIA	Versión 01 Fecha: marzo 2025 GAM-01-11

SENA

Identificación de proyecto/empresa:								Análisis solicitado	Nombre y firma de quien realizó el muestreo:
Lugar de muestreo:									
Ciudad/sitio de muestreo:									Nombre y firma de quien supervisó el muestreo:
Identificación de la muestra		Toma de muestra							
No.	Identificación de la muestra	Fecha	Hora	Tipo de muestreo					Preservación (Sí/no/N.A.) ****Indicar el tipo y cantidad de persevante utilizado
		dd/mm/aaaa)	24hr	Comp.	Punt.	Integr.			
Entregado por (Nombre y firma)		Fecha y hora (dd/mm/aaaa)				Recibido por (Nombre y firma)			Observaciones 1
Entregado al laboratorio por (Nombre y firma)		Fecha y hora (dd/mm/aaaa)				Recibido al laboratorio por (Nombre y firma)			Observaciones 2

Buenas prácticas en cadena de custodia

* Diligenciar el formato inmediatamente después del muestreo, con letra legible, sin tachones y usando descripciones claras.
* Verificar que la identificación del frasco coincida exactamente con la registrada en la cadena de custodia y en el plan de muestreo.
* Mantener la cadena de custodia físicamente protegida (bolsa impermeable, carpeta) y siempre acompañando a las muestras.
* Revisar antes de entregar al laboratorio: número de muestras, códigos, puntos, fecha/hora, temperatura, firmas completas.
* Capacitación periódica al personal de campo y laboratorio en el llenado del formato y en la importancia de la trazabilidad.

Ejercicio sobre Cadena de Custodia

* VER ZAJUNA:
  * Mis cursos —> P_222319_A_3389088_R_15_C_9110 —> FASE 1 DIAGNÓSTICO —> Actividad de proyecto 2 —> Guía de aprendizaje 2 —> Actividad de aprendizaje GA2-291201001-AA1 —> Cadena de Custodia

Plan de muestreo: fundamentos y aplicación práctica

- Objetivo general:
  - Permite el diseño e interpretación de un plan de muestreo simple para aceptar/rechazar un lote o caracterizar una población.

¿Qué es un plan de muestreo?

* Definición:
  * combinación de tamaño de muestra(s) y criterios de aceptación/rechazo para decidir sobre un lote o población.
* **NO** incluye las reglas de cómo se extrae físicamente la muestra (eso es el método de muestreo).

¿Para qué sirve?

* Decidir si aceptar o rechazar lotes de producto (control de calidad, inspección por atributos).
* Garantizar representatividad estadística y reducir riesgo de errores de decisión (productor vs consumidor).

Componentes básicos

- Tamaño de lote N:
  - En lugar de piezas, el "lote" es el volumen de efluente que quieres caracterizar en un periodo definido (por ejemplo, un día de operación, un turno o una campaña de monitoreo).
  - Ejemplo: "Lote" = agua residual descargada en 24 horas por la planta.

Componentes básicos

* Tamaño de muestra n o serie de tamaños (simple, doble, múltiple).
    * Es el número de muestras (puntuales o compuestas) que se toman dentro de ese periodo y, en el caso de compuestas, también cuántas alícuotas las conforman.
    * Por ejemplo, decidir tomar 8 alícuotas horarias para construir una muestra compuesta de 24 h, o 3 muestras puntuales en la mañana, mediodía y tarde.

Componentes básicos

- Criterio de aceptación/rechazo (equivalente a c y r)
  - Aquí el "defecto" no es una pieza, sino exceder un límite normativo (DBO, DQO, SST, nutrientes, etc.). El plan define cuántas muestras pueden superar el límite para considerar que el vertimiento "cumple" o "no cumple", o si una sola superación ya se asume como incumplimiento.
  - Ejemplo: si en 4 muestras de un mes, 1 supera el límite de DBO, puede disparar acciones correctivas o considerarse incumplimiento según la autoridad y el objetivo del plan.

Componentes básicos

* AQL (Límite/ Nivel de calidad aceptable).
* "AQL" ambiental (calidad aceptable) - nivel de calidad/ contaminación aceptable definido por la norma de vertimientos o por criterios internos de operación:
  * Concentraciones máximas permitidas (ej.: DBO ≤ 200 mg/L).
  * A veces se fijan también frecuencias máximas de incumplimiento (no más de X % de muestras fuera de norma).

Pregunta para mi plan de muestreo

* ¿Si se toma una muestra de cada en cada uno de estos escenarios, cual cree usted que tiene un mayor DBO?





* ***DBO mide la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el agua***

Componentes básicos

* Tamaño de lote N.
* Tamaño de muestra n o serie de tamaños (simple, doble, múltiple).
* Números de aceptación c y rechazo r.
* AQL (Límite/ Nivel de calidad aceptable).

Tipos de muestras en aguas residuales

* Muestra puntual: tomada en un instante específico; útil para eventos puntuales o sistemas muy estables.
* Muestra compuesta (mixta): mezcla de varias muestras individuales tomadas a intervalos de tiempo o proporcional al caudal para representar un periodo (por ejemplo, 24 h).
* Muestra compuesta proporcional al tiempo vs proporcional al caudal (explica brevemente cuándo usar cada una).

Esquema del proceso de muestreo

* Definir objetivo del monitoreo (cumplimiento, diseño, diagnóstico).
* Seleccionar puntos de muestreo: descarga final, cámaras de inspección, canal de salida de PTAR, etc.
* Definir tipo y número de muestras, horario, equipo, recipientes, preservación y transporte al laboratorio.

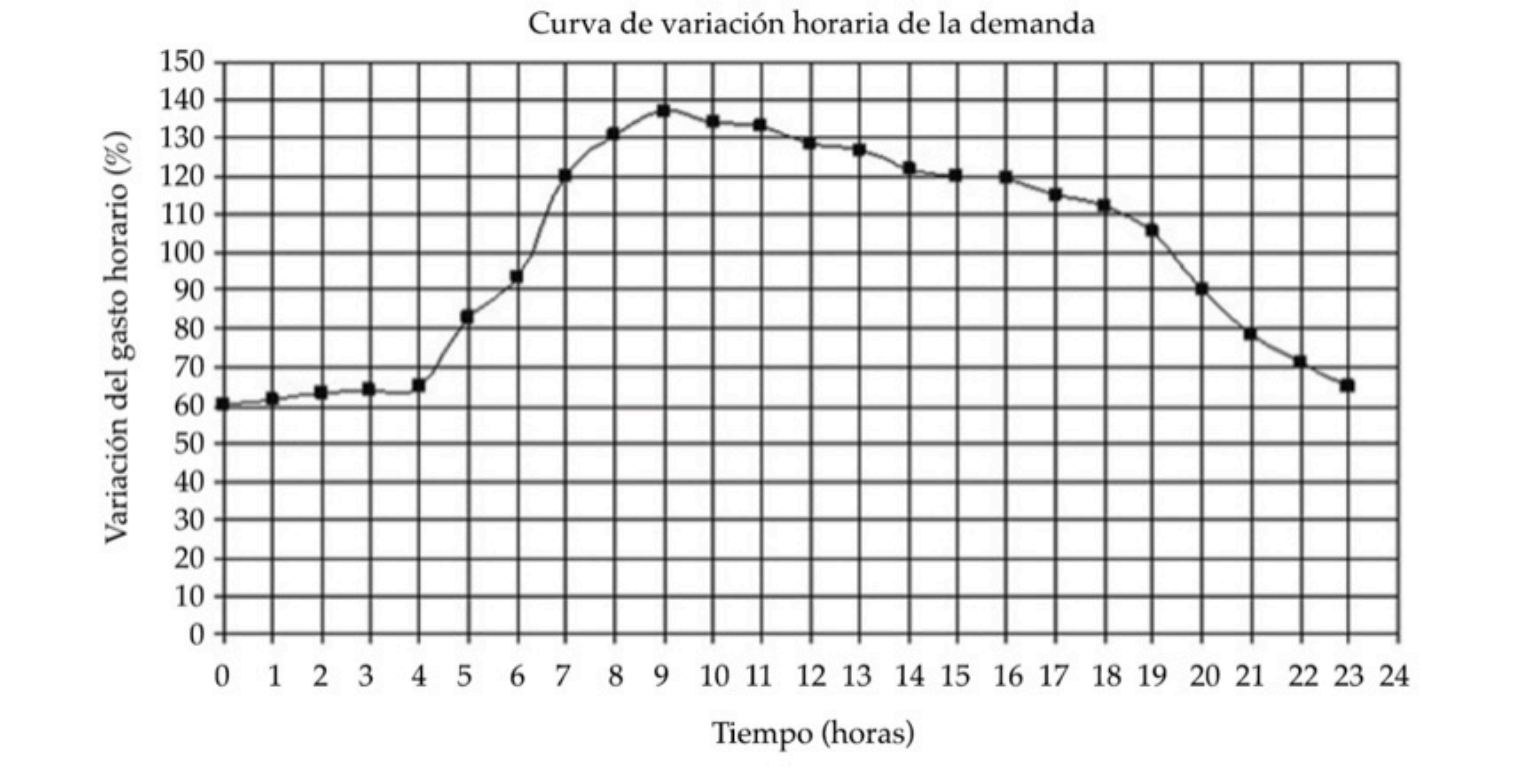
Selección de puntos de muestreo

* Deben ser accesibles y seguros; representativos del efluente (bien mezclado, sin zonas muertas).
* Incluir coordenadas, croquis y descripción del sitio en el plan de muestreo.
* Ejemplos: vertimiento puntual a quebrada, descarga en cámara de recolección, canal de salida de lagunas.

Frecuencia y horario de muestreo

* La frecuencia se ajusta a la normativa o al objetivo (por ejemplo, mensual, trimestral, campañas intensivas).
* Horario: considerar variaciones diurnas (picos de producción, descargas intermitentes).
* Para muestras compuestas: determinar intervalo entre alícuotas (cada 15 min, cada hora, etc.) y duración total (8 h, 24 h).

Ejemplo consumo agua potable



Conservación, preservación y cadena de custodia

* Recipientes adecuados: plástico o vidrio dependiendo del parámetro, esterilizados para microbiología.
* Preservación: refrigeración a 4 °C, adición de conservantes según parámetros, tiempo máximo hasta el análisis.
* Cadena de custodia: registro desde la toma hasta el laboratorio (quién toma, fecha, hora, sello, recepción en laboratorio).

Ejemplo 1: (planta pequeña, muestra puntual)

- Ejemplo 1 – PTAR pequeña, muestra puntual
  - PTAR doméstica con caudal relativamente constante.
  - Objetivo: verificar cumplimiento mensual de DBO, DQO, SST, pH y coliformes.
  - Plan:
    - Punto de muestreo: canal de salida después del tratamiento.
    - Tipo de muestra: puntual, tomada en hora de caudal medio.
    - Frecuencia: 1 vez al mes.
    - Preservación y transporte según protocolo.

Ejemplo 2: (industria, muestra compuesta)

- Ejemplo 2 – Industria con descarga variable, muestra compuesta
- Industria que descarga en horario de producción, con picos de caudal y carga contaminante.
- Objetivo: caracterizar carga promedio diaria para diseño de tratamiento y reporte de vertimiento.
- Plan:
  - Muestra compuesta de 24 h, con alícuotas cada hora (o proporcional al caudal).
  - Mezcla de alícuotas en balde, homogeneización y llenado de frascos de análisis.

Relación plan de muestreo – límites normativos

* El plan debe estar alineado con los parámetros y límites que exige la autoridad ambiental (concentraciones máximas, frecuencia mínima de monitoreo).
* Las decisiones (cumple/no cumple) dependen tanto de los valores medidos como de cuántas muestras en el periodo exceden los límites.
* Importancia de un plan bien diseñado para que una "mala muestra" no genere decisiones injustas (sanciones o falsa sensación de cumplimiento).

Normas técnicas de muestreo (ICONTEC)

- Estas no son leyes, pero son la referencia formal para diseñar planes de muestreo estadístico:
  - NTC-ISO 2859-1 – Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: planes de muestreo determinados por el nivel aceptable de calidad (NAC) para inspección **lote a lote**.
  - NTC-ISO 2859-2 – Planes de muestreo determinados por la calidad límite (CL) para inspección de un **lote aislado**.
  - NTC-ISO 2859-10 – Introducción a la serie NTC-ISO 2859 sobre muestreo para inspección **por atributos**.
  - NTC-ISO 3951-1 – Procedimientos de muestreo para inspección **por variables**, planes simples basados en NAC.

Normatividad ambiental y protocolos de muestreo

* **Protocolos IDEAM y autoridades ambientales:** documentos como el "Protocolo para toma de muestras de aguas residuales" (por ejemplo, versiones adoptadas por corporaciones como Corpoamazonía), que establecen requerimientos para seleccionar puntos de monitoreo, frecuencia, tipo de muestra (puntual/compuesta), preservación y registro; allí se exige elaborar un plan o programa de muestreo documentado.

* **Instructivos y guías de entidades (Cornare, IDEAM, etc.):** sobre toma y preservación de muestras de agua, que indican que, con base en la información del proceso, se deben definir sitios de muestreo, frecuencia y tipo de muestra, es decir, armar el plan de muestreo.

	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL **LABORATORIO AMBIENTAL** **PLAN DE MUESTREO**	**CODIGO: MT-FOR-043** FECHA: 2014-09-01 VERSION: 5

Plan de muestreo No. _____

CLIENTE:	
TELÉFONO:	
PERSONA DE CONTACTO:	
DIRECCIÓN DEL MUESTREO:	
PROPOSITO DEL MUESTREO:	
No. DE MUESTRAS PROGRAMADAS A TOMAR:	
MATRIZ:	
TIPO DE MUESTREO (puntual o compuesto, ***otros***):	
MUESTREO COMPUESTO (Tipo de composición y técnica):	
ELEMENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRA:	
TOMADA POR:	
FECHA DE MUESTREO:	
MEDICIONES DE CAMPO:	

TOMA DE MUESTA PARA ANALISIS EN LABORATORIO

	Análisis	Recipiente	Vol. del recipiente (mL)	Preservación
RECIPIENTES A LLENAR EN CAMPO PARA LOS DIFERENTES ANALISIS				

SEGURIDAD INDUSTRIAL:

PROCEDIMIENTOS Ó INSTRUCTIVOS:	

Puntos de muestreo

No.	Descripción	Observaciones
1		
2		
3		
4		

Observaciones: _____

Aceptación del plan por el cliente

Nombre: _____

Firma: _____

FORMATO PLAN DE MUESTREO

Formato plan de muestreo - carbones

1. Datos generales del establecimiento o usuario

1.1 Razón social:
1.2 código del suscriptor
1.3 Clase ☐ Insdustrial ☐ Comercial ☐ Especial ☐ Otro Cual:
1.4 Nombre del representatnte legal
1.5 Dirección
1.6 telefono
1.7 persona de contacto

2. Objetivo

3. Antecedentes del sitio de muestreo

4. Ubicación y descripcion del sitio de muestreo

Localización del sitio
Vías de acceso
Localización geografico del sitio
delimitaciones del sitio de muestreo

5. Lista de verificación de materiales y herramientas

Material, herramientas o equipos	Cantidad	verificación: Cumple	verificación: No cumple	Empacado		Observaciones

6. Plan de muestreo

4.1 fecha del muestreo
4.2 Hora del muestreo — Hora de inicio — Hora de finalización
4.3 tipo de muestreo

Numero	Descripción del punto	localización	tipo	composición	Frecuencia	Cantidad (Kg)

Nota
1. Indique si la muestra va ser, canal, columna, pila, bandas, bolqueta, barcos, etc.
2. Indique la frecuencia de integración (tiempo o peso)
3. Peso de muestra según espesor de manto o toneladas.

7. Responsable del muestreo

7.1 Entidad o persona que realiza el muestreo
7.2 Laboratorio que realiza el análisis
7.3 persona de contacto
7.4 telefono
7.5 correo electronico

8. Parametros a evaluar

Los parametros a evaluar son los siguientes

Laboratorio	Parametros					

9. Elaborado

fecha de elaboración
Nombre de quien elaboro _____ cargo _____

firma de quién el aboro

Formato PM-CM versión 1

En resumen

* Un buen plan de muestreo define claramente qué, cuánto, cuándo, dónde y cómo muestrear el agua residual.
* La representatividad es esencial: muestras mal tomadas generan datos inútiles y decisiones equivocadas.
* Siempre documentar el plan, registrar la cadena de custodia y revisar periódicamente si el plan sigue siendo adecuado frente a cambios en el proceso o en la norma.

Río Chicamocha

* El río Chicamocha nace en la ciudad de Tunja en el Alto del Moral, vereda Runta
* recorre de suroeste a noreste la ciudad de Tunja en 14 kilómetros, en donde se conoce como río Chulo o Jordán (aunque su nombre nativo en lengua Chibcha es: Funsi);
* pasa por Cómbita y Oicatá y luego se fortalece con el río Tuta en la población del mismo nombre, y con los afluentes que descienden del municipio de Sotaquirá.
* Sus aguas se contienen en lo que ahora se conoce como la represa de La Playa; sigue su camino por Paipa, Duitama y Sogamoso hasta llegar a Corrales, Paz de Río, Soata, Capitanejo, Cepitá y Jordán
* Finalmente unir sus aguas en el río Suárez, para luego entrar a la planicie del magdalena medio y desembocar en inmediaciones de Barrancabermeja, en el Río Magdalena.

Parámetros de medición

* En Colombia, los parámetros de las aguas residuales se regulan principalmente por la **Resolución 631 de 2015**, que fija qué se debe medir y cuáles son los límites máximos permisibles en los vertimientos a cuerpos de agua y alcantarillado público.
    * Identificar los principales parámetros de calidad establecidos en la normativa.
    * Comprender los límites permisibles y su importancia ambiental.
    * Practicar la lectura e interpretación de datos in situ en muestras de aguas residuales.

Marco normativo básico Resolución 631 de 2015 – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

* Regula los parámetros, valores límites y condiciones bajo las cuales se permiten los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales o sistemas de alcantarillado público.
* Aplica a todas las actividades comerciales, industriales, institucionales y de servicios que generen aguas residuales domésticas o no domésticas.
* Define vertimiento puntual como la descarga directa o indirecta de aguas residuales a un cuerpo receptor, a través de un punto definido (tubería, canal, compuerta, etc.).

Base legal complementaria:

* Decreto 3930 de 2010 (definiciones y permisos de vertimiento).
* Decreto 1076 de 2015 (compilación reglamentaria del sector ambiente).

Clasificación de aguas residuales

* Identificar el tipo de agua residual permite aplicar el grupo de parámetros y límites específicos que determina la norma.

Clasificación de aguas residuales

* Aguas residuales domésticas (ARD):
  * Provenientes de uso doméstico o sanitario (baños, lavamanos, cocinas, lavanderías, etc.).
  * Su composición se relaciona con materia orgánica biodegradable y microorganismos.o 1076 de 2015 (compilación reglamentaria del sector ambiente).

Clasificación de aguas residuales

* Aguas residuales no domésticas (ARnD):
  * Generadas por procesos industriales, comerciales o productivos que pueden contener sustancias químicas, metales, aceites, entre otros contaminantes especiales.
  * En la Resolución 631 de 2015, se establecen límites diferenciados para cada tipo.

Grupos de parámetros en la norma

- La Resolución 631 agrupa los parámetros de control en tres grandes categorías:
  - Fisicoquímicos generales: Describen las condiciones básicas del vertimiento (pH, temperatura, DBO_5, DQO, SST, etc.).
  - Microbiológicos: Evalúan la presencia de coliformes fecales y totales, como indicadores de contaminación sanitaria.
  - Específicos por actividad: Incluyen variables adicionales según el tipo de actividad económica o proceso (por ejemplo, metales pesados, fenoles, detergentes, aceites y grasas animales o minerales).
- Ejemplo: Una lavandería industrial debe monitorear detergentes y aceites; una curtiembre, cromo y sulfuros.

pH en aguas residuales: concepto, medición y normativa

* comprender qué es el pH, cómo se mide en campo y qué exige la normativa colombiana para vertimientos.

¿Qué es el pH?

* Medida de la acidez o basicidad del agua (escala 0-14).
* pH < 7: ácido; pH = 7: neutro; pH > 7: básico.
* Importancia general: afecta reacciones químicas, solubilidad de metales y vida acuática.

pH en aguas residuales

* En aguas residuales el pH puede variar por detergentes, ácidos, álcalis, procesos industriales y biológicos.
* pH extremos (muy ácidos o muy básicos) dañan tuberías, equipos y microorganismos de los sistemas de tratamiento biológico.

Exigencias de la Resolución 631 de 2015

* La norma exige que el pH de los vertimientos se mantenga, en general, **entre 6,0 y 9,0 unidades de pH**, tanto para descargas a cuerpos de agua como a alcantarillado público (salvo excepciones específicas de tablas por actividad).
* Un pH fuera de rango implica incumplimiento y obliga a implementar medidas de corrección en el tratamiento.

Efectos de pH fuera de norma

* pH bajo (ácido): corrosión de redes y equipos, aumento de solubilidad de metales pesados, toxicidad para peces e invertebrados.
* pH alto (básico): irritación en piel y mucosas, precipitación de algunos compuestos, alteración de procesos biológicos.
* Ambos extremos afectan la calidad del cuerpo receptor y el funcionamiento de plantas de tratamiento.

Medición in situ del pH

* La medición debe hacerse en campo, en el punto de muestreo, con pH-metro portátil o kit colorimétrico, porque el pH cambia con reacciones químicas y intercambio de gases.
* Requisitos básicos: calibrar el equipo antes de la salida, enjuagar la sonda entre muestras, esperar a que la lectura se estabilice y registrar valor, hora y ubicación.

Errores frecuentes al medir pH

* No calibrar el equipo en el rango de interés.
* Medir en recipientes sucios o con residuos de otras muestras.
* No permitir que la lectura se estabilice o dejar secar el electrodo.
* No anotar inmediatamente el dato en la hoja de campo o en la cadena de custodia.

Ajuste de pH en tratamiento de aguas residuales

* Métodos para subir pH: dosificación de cal hidratada, soda cáustica u otros álcalis controlados.
* Métodos para bajar pH: dosificación controlada de ácidos (clorhídrico, sulfúrico) o CO_2 en sistemas específicos.
* Siempre debe hacerse bajo diseño técnico y control, para evitar sobrecorrecciones y cumplir con el rango 6,0–9,0.

Actividad práctica con datos de pH

- Se tiene una tabla con valores de pH medidos en 5 puntos de un sistema
  - 5,2
  - 6,5
  - 7,8
  - 9,1
  - 10,3
- ¿Cuáles cumplen con la Resolución 631?
- ¿Qué riesgos implica cada valor extremo?
- ¿Qué acciones de tratamiento serían necesarias en los puntos que incumplen?

Cierre: rol del pH en la gestión de vertimientos

* Resumen: el pH es un parámetro obligatorio, se mide in situ y condiciona la corrosión, la toxicidad y el desempeño del tratamiento biológico.
* Relación con otros parámetros: influye en la forma química de metales, amonio/amoníaco y fósforo, por lo que es clave interpretarlo junto con DBO, DQO, conductividad y OD.

Continuando con la clase de ayer...

* En la Resolución 631 y en los protocolos de monitoreo de vertimientos, los parámetros in situ básicos son **pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y, en algunos casos, caudal y sólidos sedimentables** como apoyo al control del vertimiento.

Temperatura

* La temperatura es un parámetro in situ obligatorio en el monitoreo de vertimientos, porque **controla la solubilidad del oxígeno**, la **velocidad de las reacciones** y el impacto térmico sobre el cuerpo de agua.

¿Qué es la temperatura del vertimiento?

* Es el grado de calor del agua residual al momento de ser descargada, normalmente medido en °C.
* Influye en:
  * La solubilidad del oxígeno (a mayor temperatura, menor oxígeno disuelto posible).
  * La velocidad de degradación de la materia orgánica (las bacterias trabajan más rápido con cierta temperatura).
  * La toxicidad de algunos contaminantes (ciertas sustancias se vuelven más tóxicas con mayor temperatura).

d¿Qué exige la Resolución 631 de 2015? (Artículo 5)

* Establece que la temperatura **máxima permitida del vertimiento es 40 °C** para descargas a cuerpos de agua superficiales y a sistemas de alcantarillado público.
* Indica que se debe controlar la mezcla térmica, de modo que el vertimiento **no cause un incremento de temperatura mayor a 5 °C** en el cuerpo receptor a una cierta distancia aguas abajo (criterio usado en guías y protocolos nacionales).
* Un vertimiento por encima de 40 °C se considera incumplimiento normativo y obliga a implementar sistemas de enfriamiento o ajustes de proceso.

¿Por qué es tan importante en aguas residuales?

- Un vertimiento muy caliente:
  - Reduce la capacidad del agua para contener oxígeno disuelto, facilitando condiciones anóxicas.
  - Puede causar choque térmico en peces e invertebrados, generando mortalidad masiva.
  - Afecta procesos biológicos de las plantas de tratamiento aguas abajo (lodos activados, lagunas, biofiltros), que funcionan en rangos de temperatura óptimos.
- Por eso la temperatura se mira junto con OD, DBO y pH para entender el impacto real del vertimiento.

¿Cómo se mide la temperatura in situ?

- Siempre se mide directamente en el punto de vertimiento, antes de tomar la muestra para laboratorio.
- Se utiliza:
  - Termómetro de inmersión, o Sonda/multiparámetro que mide simultáneamente temperatura, pH, conductividad y OD.
  - Buenas prácticas:
    - Dejar estabilizar la lectura unos segundos.
    - Evitar que el sensor toque las paredes del canal o tubería.
    - Registrar en formato de campo: fecha, hora, punto y temperatura medida.

Instrumentos

* termómetro de inmersión



* Sonda/multiparámetro



Ajuste y control de la temperatura

* Si el vertimiento sale a más de 40 °C, la empresa debe implementar medidas como:
  * Tanques de enfriamiento o lagunas de ecualización.
  * Intercambiadores de calor para recuperar energía del agua caliente.
  * Mezcla y recirculación interna para bajar la temperatura antes de descargar.
* El objetivo operativo es: vertir por debajo de 40 °C y sin causar un choque térmico significativo en el cuerpo receptor.

Ejemplo



Funcionamiento básico del sistema de enfriamiento en Termopaipa

- La central termoeléctrica de Paipa usa agua del río Chicamocha (captada en la piscina norte) para enfriar el vapor del ciclo térmico y los equipos; ese agua sale del proceso caliente, con temperaturas superiores a 30–32 °C.
- Durante muchos años, esa agua de enfriamiento se devolvía casi directamente al río, lo que generó impacto sobre la fauna y la flora del Chicamocha por aumento de temperatura (choque térmico).
- Como respuesta a exigencias de Corpoboyacá y a la normativa de vertimientos (incluida la obligación de no superar temperaturas máximas permitidas), se desarrolló un sistema de enfriamiento que combina:
  - Conducción hidráulica desde la casa de máquinas hasta una laguna/piscina de enfriamiento (piscina sur), donde el agua caliente se recircula y pierde calor antes de regresar al ambiente.
  - Una torre de enfriamiento en sistema más cerrado, que aumenta el contacto del agua con el aire, favorece la disipación de calor y reduce aún más la temperatura antes de cualquier descarga.

Articulación con la norma

* Resolución 631 pone un límite de 40 °C para vertimientos, en Paipa la autoridad ambiental exigió que la termoeléctrica dejara de descargar agua demasiado caliente al río Chicamocha y diseñara infraestructura para bajarle la temperatura.
* El agua caliente llega desde la planta, permanece cierto tiempo en la piscina (tiempo de retención), intercambia calor con el aire y el suelo, y así su temperatura desciende antes de volver a circular o ser descargada.
* Si una empresa genera agua a alta temperatura, no puede descargarla tal cual al río; debe implementar soluciones como lagunas de enfriamiento, torres de enfriamiento o tanques de contacto para cumplir el límite normativo y proteger el ecosistema acuático.

Conductividad eléctrica

* La conductividad eléctrica es un parámetro **in situ** clave porque indica cuánta sal y cuántos iones disueltos lleva el agua residual, y ayuda a detectar cambios fuertes en la composición del vertimiento, especialmente cuando hay aportes industriales.

¿Qué es la conductividad eléctrica?

* Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica gracias a los iones disueltos (sales, ácidos, bases); se mide normalmente en µS/cm o mS/cm.
* A mayor concentración de iones (cloruros, sulfatos, nitratos, sodio, calcio, etc.), mayor conductividad; por eso es un buen indicador rápido de "carga salina total" en el agua.

¿Unidades?

* µS/cm (microsiemens por centímetro): unidad más usada en calidad de agua y aguas residuales.
* mS/cm (milisiemens por centímetro): se usa cuando la conductividad es muy alta; 1 mS/cm = 1 000 µS/cm.
* Si suben los iones disueltos, sube el número en µS/cm o mS/cm.

El microsiemens

- Un microsiemens es una forma de decir "conductividad muy pequeña" en el agua.
- El siemens (S) es la unidad que mide qué tan bien algo conduce la electricidad (lo contrario de la resistencia en ohmios).
- Micro significa "una millonésima parte", entonces:
  - 1 microsiemens (µS) = 0,000001 siemens.
  - 1 siemens = 1 000 000 microsiemens.
- En calidad de agua casi siempre usamos microsiemens por centímetro (µS/cm) porque los valores son pequeños; por ejemplo, 1 500 µS/cm es mucho más cómodo que decir 0,0015 S/cm.

Rangos orientativos

* **No son límites de la 631**, pero sirven como guía:
* Agua con conductividad baja: menor a 500–700 µS/cm (típica de aguas superficiales poco mineralizadas).
* Agua moderada: entre 700 y 2 000 µS/cm (puede ser agua residual doméstica o mezclas).
* Agua con conductividad alta o muy alta: por encima de 2 000–3 000 µS/cm, típico de descargas industriales o salmueras.

Cómo registrar correctamente en campo

* Al medir con un conductímetro o multiparámetro, el equipo mostrará un número y una unidad; es obligatorio anotar las dos cosas:
  * Ejemplo correcto: "Conductividad = 1 350 µS/cm, T = 23 °C, punto V1".
  * Ejemplo incorrecto: solo escribir "1 350" sin unidad.
* Muchos equipos permiten cambiar la escala por lo que es importante anotar las unidades sean en µS/cm o mS/cm.
* En formatos de campo y cadena de custodia, se debe dejar una columna con el título "Conductividad (µS/cm)" o "Conductividad (mS/cm)" para evitar confusión en el laboratorio y en los informes.

Relación con otros parámetros

- De forma aproximada, algunos manuales usan la conductividad para estimar sólidos disueltos totales (SDT):
  - SDT (mg/L) ≈ 0,5–0,7 × conductividad (µS/cm), según el tipo de agua.
- Esto refuerza la idea de que las unidades no son decorativas: si se cambia µS/cm por mS/cm sin dejarlo en claro, se podrá dar un error en un factor de 1 000 en el cálculo.

En términos de normativatividad, que hay?

* En la Resolución 631 de 2015 La 631 define parámetros y límites para vertimientos (pH, temperatura, DBO, DQO, SST, grasas, metales, etc.), pero no fija un "máximo de conductividad" como tal.
* Sin embargo, la resolución obliga a hacer monitoreos periódicos y a caracterizar la calidad del vertimiento; los protocolos técnicos que se usan para cumplirla incluyen la conductividad como parámetro in situ básico junto con pH, temperatura y OD.
* En la práctica, cuando una empresa hace su monitoreo para 631, en campo mide: pH, temperatura, conductividad y OD, y luego toma muestras para laboratorio (DBO, DQO, SST, metales, etc.).
* La conductividad ayuda a interpretar si hay mucha carga salina, posibles descargas industriales o cambios de composición que expliquen variaciones en otros parámetros regulados (por ejemplo, sulfatos, cloruros, metales).

¿En qué otras normas aparece la conductividad?

* En normas y guías de calidad de agua potable, sí se mencionan rangos de conductividad como criterio químico de calidad.
  * Ejemplo: el Decreto 475 de 1998 (agua segura) incluye la conductividad como uno de los parámetros físico-químicos a vigilar, manejando rangos orientativos de 50–1 000 "micromhos/cm" (es el mismo concepto que µS/cm).
  * En el RAS (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico), Título de calidad de agua, la conductividad se usa para caracterizar fuentes, elegir tratamientos y evaluar riesgo de incrustaciones o corrosión.
  * El IDEAM tiene instructivos específicos de laboratorio para la determinación de conductividad eléctrica (método SM 2510 B), que fijan rangos, procedimientos y criterios de calidad del dato (por ejemplo, usar estándares de KCl (cloruro de potasio) de 1413 µS/cm a 25 °C para verificar el conductímetro).

Referencia rápida de rangos típicos

* Aguas naturales poco impactadas: 0–200 µS/cm (lagos y quebradas limpias).
* Grandes ríos y aguas superficiales más mineralizadas: hasta ≈1 000 µS/cm.
* Aguas residuales industriales en general: suelen estar entre 500 y 10 000 µS/cm, según la carga de sales y el proceso.

Ejemplos por tipo de industria

- No son límites legales; son rangos típicos reportados en estudios de caracterización.
- Industria alimentaria (lácteos, bebidas, cárnicos):
  - Conductividad de efluentes tratados: del orden de 800–1600 µS/cm en algunos casos.
  - Suele ser moderada a alta, por sales de limpieza, detergentes y restos de productos.

Ejemplos por tipo de industria

- Aguas residuales textiles:
  - Estudios reportan conductividades muy altas, alrededor de 3 500–7 600 µS/cm en efluentes de textil y curtiembres.
  - Indica carga fuerte de sales (sulfatos, cloruros, carbonatos) usadas en tinturas, curtido y procesos químicos.

Ejemplos por tipo de industria

- Curtiembres y curtido de cuero:
  - Conductividades del orden de 8 000–10000 µS/cm o más, asociadas a salmueras y baños químicos.
  - Son efluentes "salados" que requieren tratamiento específico para no afectar riego ni cuerpos receptores.

Ejemplos por tipo de industria

* Aguas residuales industriales "típicas" (mezcla de varios procesos):
* Rangos generales citados: 500–10000 µS/cm, dependiendo de cuánto se diluya el proceso y del tipo de sales usadas.

¿Cómo interpretarse?

- Si estoy frente a un dato de 1 200 µS/cm en el efluente de una planta de alimentos: conductividad moderada-alta pero normal para este tipo de industria - sales de limpieza, detergentes y restos de producto.
- Si reviso un reporte de una curtiembre o textil y encuentro 8 000 µS/cm: muestra una carga de sales muy alta, típica de procesos con salmueras y muchos químicos, y que exige un tratamiento más específico antes del vertimiento.
- Luego comparo con el río cercano: por ejemplo, si el río está entre 300 y 600 µS/cm, se plantea el escenario: "imaginen que mezclo este efluente de 7 000–8 000 µS/cm con un río de 500 µS/cm; yo sé que estoy elevando bastante la salinidad del cuerpo receptor y eso puede afectar la fauna acuática y el uso del agua, por eso debo controlar bien el vertimiento".

Elementos básicos del informe

* Evidencia GA2-291201001-AA1-EV02
  * Contexto de trabajo a realizar e insumo de datos a utilizar se suministrará el día 23 de febrero

Elementos básicos del informe - estructura

* Portada
  * Título del informe, proyecto o actividad.
  * Responsable (persona/entidad), fecha, versión, lugar.

Elementos básicos del informe - estructura

* Índice
  * Listado de capítulos, apartados, tablas y anexos con su numeración.
* Resumen ejecutivo
  * Objetivo del informe.
  * Descripción muy sintética del proyecto o actividad.
  * Principales impactos identificados, medidas más relevantes y conclusiones.

Elementos básicos del informe - estructura

* Introducción y contexto
  * Antecedentes del proyecto o actividad.
  * Justificación de la intervención.
  * Alcance del informe (espacial, temporal, temático).

Elementos básicos del informe - estructura

- Marco legal y normativo
  - Normas ambientales aplicables (leyes, decretos, resoluciones, licencias, permisos).
- Descripción del proyecto o actividad
  - Localización y área de influencia.
  - Componentes principales (obras, procesos, insumos, residuos, vertimientos, emisiones).
  - Fases: construcción, operación, mantenimiento, cierre o abandono. ambiental. Referencias bibliográficas Listado de documentos, normas, artículos y fuentes de datos usadas. Anexos Cartografía, planos, tablas extensas, fichas de monitoreo, registros fotográficos, copias de licencias, formatos oficiales, etc.

Elementos básicos del informe - estructura

- Metodología y fuentes de información
  - Métodos usados para recopilar y analizar la información (campañas de campo, mediciones, modelos, encuestas).
  - Fuentes secundarias (informes previos, cartografía, bases de datos oficiales).
- Línea base o condiciones ambientales de referencia
  - Medio físico: clima, aire, agua superficial y subterránea, suelo, geología, ruido, paisaje.
  - Medio biótico: flora, fauna, ecosistemas, áreas protegidas, especies sensibles.
  - Medio socioeconómico: población, usos del suelo, economía local, salud, patrimonio cultural, infraestructura.

Elementos básicos del informe - estructura

* Opcional profundizar en:
  * Identificación y evaluación de impactos
  * Acciones del proyecto que generan impactos (vertimientos, emisiones).
  * Medidas de manejo ambiental
  * Plan de seguimiento, monitoreo y contingencias
  * Participación de partes interesadas (si aplica)
* Conclusiones, referencias y anexos

Cronograma

Fecha	Feb 2-6	Feb 9-13	Feb 16-20	Feb23-27	Mar 2-6	Mar 9-13	Mar 16-20	Mar 24-27	Mar 30 - Abr 3
Programa	RAP Inducción.	291201001-01 - Tomar muestras de agua y suelo de acuerdo con la normatividad vigente y los protocolos establecidos.			291201001-03 - Medir ruido y concentración de olor de acuerdo con la normatividad vigente y los protocolos establecidos				Semana Santa

Fecha	Abr 6-10	Abr 13-17	> Abr 20-24
Programa	240201524 - Desarrollar procesos de comunicación eficaces y efectivos, teniendo en cuenta situaciones de orden social, personal y productivo. COMUNICACION	240202501 - Interactuar en lengua inglesa de forma oral y escrita dentro de contextos sociales y laborales según los criterios establecidos por el marco común europeo de referencia para las lenguas. - INGLES	Por asignar

Estructura proyecto formativo

* **PLANEAR** > HACER > VERIFICAR > ACTUAR

Evidencia

* El aprendiz deberá presentar el **Informe técnico de muestreo de agua**, correspondiente a la fase de **planeación** de un proyecto de monitoreo ambiental, dando respuesta a la necesidad inicial de un proyecto de muestreo y análisis de calidad de agua y suelo en un punto de vertimiento o cuerpo de agua superficial, de acuerdo con la normativa ambiental colombiana vigente, en especial la **Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, que establece los parámetros y valores límite máximos permisibles para vertimientos a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público.

Evidencia

* En esta fase, el aprendiz **no ejecutará físicamente el muestreo**, sino que deberá **planearlo en detalle**, de manera que el documento elaborado pueda ser utilizado posteriormente como guía de campo para la toma real de muestras de agua y suelo.

Secciones a incluir

* Plan de muestreo
* Equipos y materiales
* Parámetros a medir
* Ensayos a realizar
* Medio de transporte y condiciones de conservación
* Cadena de Custodia
    * Rotulos de Muestras
    * Formatos adicionales
* Normatividad técnica aplicable: Res 631 de 2015
* Estructura lógica, márgenes, tipo y tamaño de fuente, ortografía, etc...

Caso de estudio

* Para este caso de estudio puedes plantear el proyecto así: se busca evaluar el impacto de las ciudades e industrias sobre la calidad del agua del río Chicamocha desde el embalse La Playa hasta su desembocadura en el río Suárez, caracterizando materia orgánica y contaminantes principales para cumplir la Resolución 631 de 2015 en cada descarga.

Caso de estudio

* Contexto del caso El río Chicamocha recibe vertimientos domésticos e industriales a lo largo de su recorrido por municipios como Paipa, Duitama, Sogamoso, Corrales, Paz de Río y otros, lo que genera una alta carga de contaminantes y degradación de la calidad del agua.
* El embalse La Playa actúa como receptor de aguas residuales y regulador de caudal en la cuenca alta, y aguas abajo el río continúa recibiendo descargas hasta unirse con el río Suárez.

Objetivo general del ejercicio

* Identificar y evaluar el impacto de los vertimientos urbanos e industriales sobre la calidad del agua del río Chicamocha, en el tramo comprendido entre el embalse La Playa y la desembocadura en el río Suárez, mediante la caracterización de la materia orgánica y de los contaminantes principales del afluente, con el fin de verificar el cumplimiento de los parámetros y valores límite máximos permisibles establecidos en la Resolución 631 de 2015 para los diferentes tipos de descargas puntuales.

Objetivos específicos (sugeridos)

* Delimitar el tramo de estudio y seleccionar puntos de muestreo estratégicos aguas arriba y abajo de las principales ciudades e instalaciones industriales ubicadas en la cuenca media y baja del Chicamocha.
* Identificar las fuentes de vertimiento (municipales y sectoriales) presentes en cada subtramo y el tipo de actividad que desarrollan (doméstica, siderúrgica, agroindustrial, etc.).
* Definir y medir parámetros de calidad de agua asociados a materia orgánica (DBO5, DQO, SST, grasas y aceites) y otros contaminantes relevantes (nutrientes, metales, coliformes, entre otros), de acuerdo con los listados de la Resolución 631 de 2015 que aplican a vertimientos municipales e industriales.

Parámetros clave a caracterizar

* pH
* Temperatura Conductividad
* Turbidez
* Oxígeno disuelto
* DBO5
* DQO
* Sólidos suspendidos totales (SST)
* Grasas y aceites
* Nitrógeno amoniacal - nitratos
* fósforo total
* Coliformes fecales o E. coli
* Metales específicos según actividades presentes en la cuenca (por ejemplo, hierro, manganeso y otros asociados a la siderurgia en Paz de Río, los que consideren).

DBO en Agua Residual

* Parámetro clave y relación con Norma 631

¿Qué es la DBO?

* Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
* Oxígeno consumido por microorganismos para degradar materia orgánica biodegradable
* Condiciones: 20°C, 5 días de incubación
* Unidad: mg/L

Importancia en Aguas Residuales

* Indicador de contaminación orgánica
* Mide poder contaminante biodegradable
* Evalúa eficacia de tratamientos
* Relacionada con DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Resolución 631 de 2015

* Parámetros y límites máximos permisibles en vertimientos puntuales
* Aguas superficiales y alcantarillado público
* DBO es parámetro clave en todos los sectores
* Vigente en Colombia

Límites DBO ARD

* Saneamiento viviendas: 90 mg/l
* Alcantarillado ≤625 kg/día: 90 mg/l
* >625 a ≤3000 kg/día: 90 mg/l
* >3000 kg/día: 70 mg/l

Agroindustria Ejemplos

* Hortalizas: 50 mg/L
* Beneficio café tradicional: 400 mg/L
* Azúcar: 500 mg/L
* Aceites vegetales: 600 mg/L

Ganadería Ejemplos

* Bovinos cría: 250 mg/l
* Porcinos beneficio: 450 mg/l
* Aves beneficio: 300 mg/l

Minería: 50 mg/L

* Todos los tipos de minería: 50 mg/L
* Independiente del mineral extraído

Hidrocarburos

* Exploración: 200 mg/L
* Producción: 60 mg/L
* Refino: 200 mg/L

Método de Medición

* Incubación diluida a 20°C por 5 días
* Diferencia OD inicial-final
* Norma estándar internacional
* Factores: toxicidad, nutrientes

Cumplimiento Res. 631 de 2015

* Caracterización vertimientos
* Balances de masa si captación-descarga mismo cuerpo
* Monitoreo Protocolo CRA
* Sanciones por incumplimiento

Conclusiones

* DBO: indicador esencial contaminación orgánica
* Res. 631 establece límites específicos por sector
* Monitoreo clave para cumplimiento ambiental

Aplicaciones Prácticas La DBO

* Evalúa impacto ambiental y eficiencia de tratamientos biológicos (PTAR), mientras la DQO da resultados rápidos para control industrial y mide contaminantes no biodegradables.
* En la Norma 631, ambos parámetros tienen límites específicos por sector.

Cómo se muestrea

- DBO_5 requiere condiciones estrictas para preservar microorganismos y oxígeno disuelto.
- Se basa en normas como SM 5210B y protocolos colombianos.

Contenedores y Preparación

* Botellas BOD de 300 mL vidrio ámbar, tapón ajustado (evita paso O_2)
* Lavar con detergente fosfatado libre, enjuagar 3x con agua destilada
* Esterilizar autoclave 15 min a 121°C o lavar H_2SO_4 y enjuagar

Técnica de Muestreo

* 1. MUESTRA COMPUESTA: 24h automáticas (flujo proporcional) o 8-12 submuestras manuales cada 1-2h
* 2. PUNTO REPRESENTATIVO: post-tratamiento, flujo turbulento (no estancado)
* 3. PROFUNDIDAD: 2/3 desde superficie en efluentes
* 4. VOLÚMEN: 1-2 L por parámetro (diluciones múltiples)

Transporte

* Para el transporte y almacenamiento de muestras de DBO_5, los preservantes son mínimos y físicos (frío y oscuridad), ya que se debe conservar la actividad microbiana viva.

Preservantes Permitidos

* Principal: Enfriamiento inmediato a 0-6°C (hielera con hielo)
* Oscuridad: Cubrir con papel aluminio o bolsa negra (evita fotosíntesis algas)
* NO químicos: Prohibido cloro, tiosulfato (inhibe bacterias), mercurio
* Opcional toxicidad alta: Agregar semilla lodos activados (1-5 mL/L) si OD baja

Tiempos Máximos Almacenamiento

Condición	Tiempo Máx.	Razón
Laboratorio in situ	6 horas	Máx. precisión microbiana
Transporte	24 horas	Cambios <10% actividad
>24h	Descartar	Subestimación DBO

Consideraciones Transporte

- Botellas llenas (sin dejar aire) para evitar intercambio O_2
- Verticales, fijas (no agitación rompe colonias bacterianas)
- Registro cadena custodia: T inicial/final, responsable, etc
- Evitar >10°C: cada °C duplica velocidad metabolismo bacteriano

Almacenamiento Lab

- 4°C oscuro nevera BOD (no congelador: mata microorganismos)
- Medir OD inicial inmediatamente (sonda)
- Descartar si OD<2 mg/L o olor anaerobio (H_2S)

DBO/DQO

* Relación indica biodegradabilidad
* Alta (>0.5): materia fácilmente biodegradable
* Baja: compuestos tóxicos/refractarios

DBO/DQO

* La principal diferencia entre DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) radica en el método de oxidación de la materia orgánica en el agua.

DBO/DQO

* DBO: Mide el oxígeno consumido por microorganismos (bacterias aeróbicas) para degradar biológicamente solo la materia orgánica biodegradable durante 5 días a 20°C (DBO_5).

* DQO: Mide el oxígeno necesario para oxidar químicamente (con dicromato potásico) toda la materia orgánica e inorgánica oxidable en 2 horas.

DBO/DQO

Aspecto	DBO	DQO
Proceso	Biológico (microorganismos)	Químico (oxidante fuerte)
Materia medida	Solo biodegradable	Toda oxidable (biodegradable + no biodegradable)
Tiempo	5 días	2-3 horas
Valor típico	DQO > DBO (siempre)	1.5-3 veces mayor
Relación DBO/ DQO	>0.5 = biodegradable; <0.3 = refractaria	-

¿Y en cuanto al DQO?

* Para la DQO, los preservantes son más agresivos que en DBO, usando ácido para estabilizar toda materia oxidable químicamente.

DQO vs DBO

Aspecto	DBO	DQO
Preservante	Frío 0-6°C, oscuridad	H_2SO_4 2 mL/L (pH<2) + frío
Tiempo máx.	24h	28 días
Contenedor	Vidrio BOD 300mL lleno	Polietileno 100-250mL
Transporte	Vertical, no agitar	Etiqueta ácido, separado

DQO

* (Demanda Química de Oxígeno) mide el oxígeno requerido para oxidar químicamente toda la materia orgánica e inorgánica oxidable en una muestra de agua.

SM 5220 - NTC 3629

* SM 5220 es el método estándar internacional del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater para determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Definición El SM 5220 establece procedimientos normalizados para medir el oxígeno requerido para oxidar químicamente materia orgánica e inorgánica mediante dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) en condiciones controladas.

Extra

* Bacterias aeróbicas heterótrofas: Pseudomonas, Bacillus, Aeromonas – descomponen carbohidratos, proteínas, lípidos a $CO_2 + H_2O$ + energía.
* Forman flóculos en lodos activados: consumen OD (2-3 mg O_2/ mg MO degradada).
* Protozoos (rotíferos, ciliados): controlan poblaciones bacterianas, indican salud del sistema.

Extra

Requerimiento	Función
OD inicial ≥2 mg/L	Suficiente para degradación completa
20°C	Velocidad metabólica óptima
Nutrientes N:P	Crecimiento bacteriano (100:5:1 C:N:P)
pH 6.5-7.5	Actividad enzimática máxima
Sin tóxicos	Cloro, metales pesados inhiben

Clase 25 de febrero

* Anuncios
* Evidencia
* SST

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

* ¿Qué son los sólidos en el agua?
  * Definición general de sólidos totales en agua: materia orgánica e inorgánica distinta al agua.
  * Diferencia grandes grupos: totales, suspendidos y disueltos.

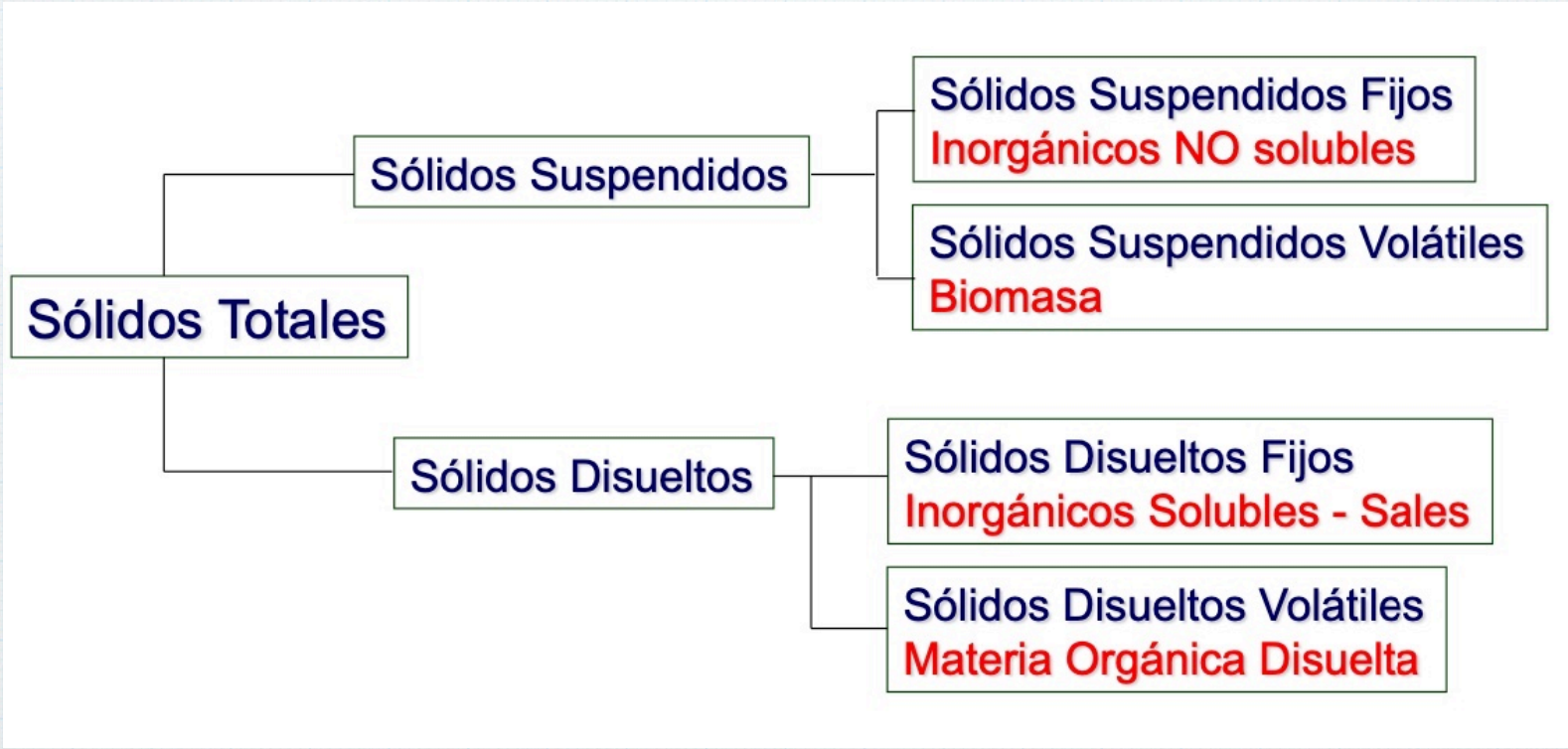
Definición de SST

* Sólidos constituidos por partículas en suspensión o coloidales que son retenidas en el elemento filtrante.
* Unidades típicas: mg/L.

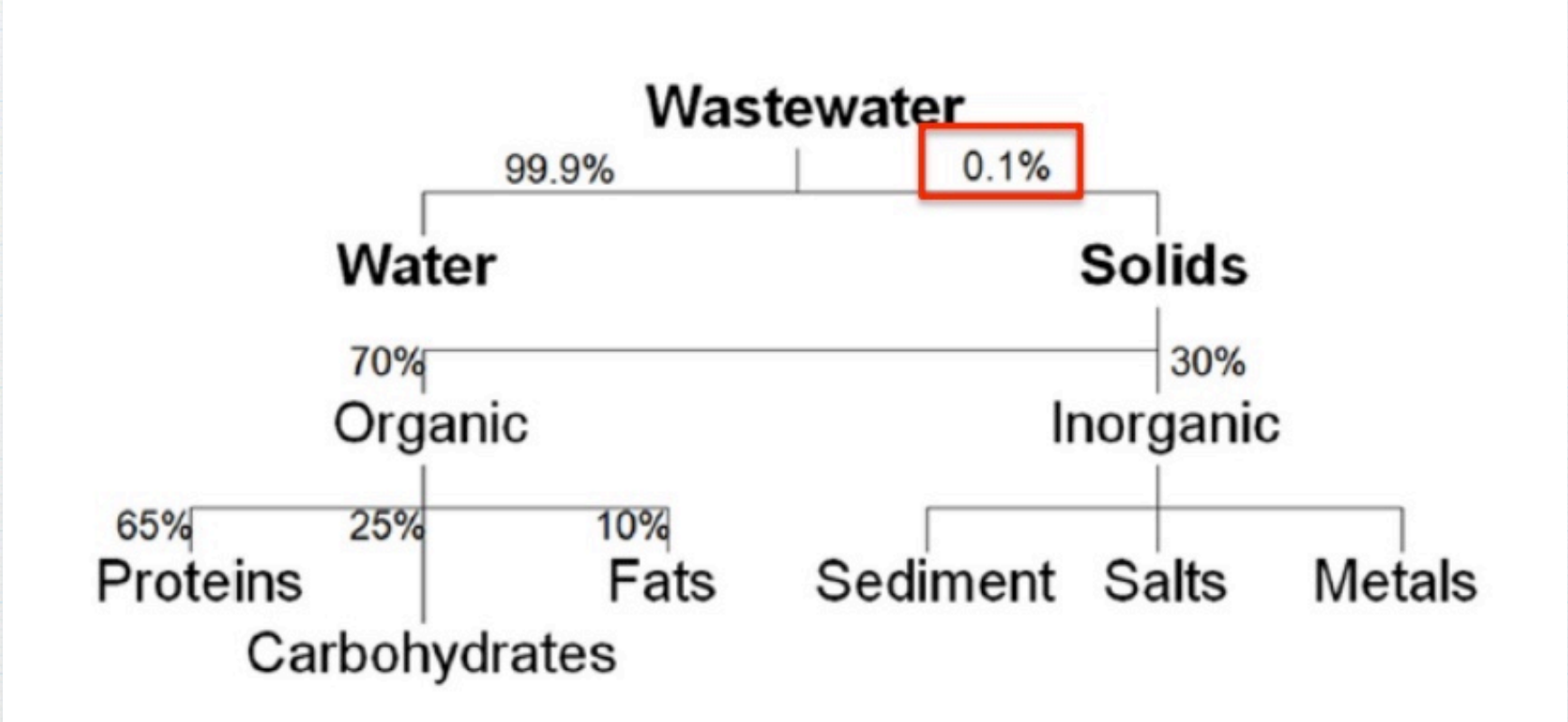
Clasificación de los sólidos (visión global)

* Suspensibles vs disueltos; sedimentables vs coloidales (1 nm y 1 µm).
* Fijos vs volátiles (relación con fracción orgánica/ inorgánica).

Sólidos totales



Para el agua residual



SST en aguas residuales

* Rango típico en aguas residuales domésticas e industriales (decenas a miles de mg/L).
* Relación cualitativa entre alta carga de SST, turbiedad y contaminación.

Importancia de los SST en el tratamiento

* Relación con procesos de sedimentación, tamizado, desarenado.
* SST como fracción que puede tapar equipos y reducir la eficiencia de unidades.

Relación SST - DBO - DQO

* Parte de la DBO/DQO está asociada a sólidos en suspensión (materia orgánica particulada).
* Alta SST suele acompañarse de mayor carga orgánica y colmatación de sistemas.

SST y normatividad en Colombia

* Resolución 631 de 2015: inclusión de SST como parámetro obligatorio en vertimientos a cuerpos de agua y alcantarillado.
* Unidades y forma de reporte (mg/L).

SST y normatividad en Colombia

* Ejemplos de límites máximos permisibles de SST para algunos sectores (valores de referencia genéricos: 50-225 mg/L según actividad).
* Importancia de cumplir estos límites para evitar sanciones y planes de mejora.

Principio del método de ensayo (SM 2540 D)

* Método gravimétrico: filtrar muestra bien homogeneizada a través de filtro de fibra de vidrio previamente pesado.
* El aumento de peso del filtro tras el secado representa los SST.

Y en Colombia es soportado por su norma equivalente

* Norma Técnica Colombiana NTC 897 – "Calidad del agua. Determinación del contenido de sólidos" de ICONTEC.
* Esta NTC 897 especifica métodos gravimétricos para sólidos totales, disueltos y en suspensión (incluyendo SST secados a 103-105 °C).

Rango de aplicación del método

* Aplicable a aguas residuales domésticas, industriales, superficiales, lluvias y subterráneas.
* Rango típico de 5 a 20 000 mg SST/L para el método estándar.

Tipos de ensayo

* Sólidos totales secados a 103-105 °C.
* Sólidos totales disueltos secados a 180 °C.
* Sólidos totales en suspensión (SST) secados a 103-105 °C.
* Sólidos fijos y volátiles incinerados a 550 °C.
* Sólidos sedimentables (determinados volumétricamente, típicamente con cono Imhoff, en mL/L).

Ejemplo cono de Inmofh y de pruebas en laboratorio

* https://www.youtube.com/watch?v=zGHn8ppXhR4
* https://www.youtube.com/watch?v=XnH-fYy8Iig

Transporte y preservantes

- Recipiente recomendado: frasco plástico (polietileno) limpio, de boca ancha, bien cerrado, con suficiente volumen (≥500–1000 mL) para homogeneizar y repetir ensayos si es necesario.
- Transporte / conservación: mantener la muestra refrigerada entre 0–6 °C (ideal ≈4 °C), en oscuridad, sobre hielo o en nevera portátil, desde la toma hasta la llegada al laboratorio.
- Preservación química: no se suele ajustar pH ni adicionar reactivos para SST, porque el objetivo es conservar la muestra lo más parecida posible al estado original y evitar disolver o precipitar sólidos artificialmente.
- Tiempo máximo de retención (holding time): los lineamientos tipo Standard Methods SM 2540 D y EPA 160.2 recomiendan analizar en el menor tiempo posible, con un máximo usual de **7 días** si la muestra se mantiene **≤6 °C**, aunque muchos laboratorios procuran empezar el análisis dentro de las primeras 24–48 horas.

Equipos y materiales principales

* Filtros de fibra de vidrio
* horno 103-105 °C
* balanza analítica
* desecador
* sistema de filtración (bomba o vacío).

Procedimiento básico de laboratorio

* Homogeneizar muestra
* medir volumen conocido
* filtrar a través del filtro previamente acondicionado y pesado

Procedimiento básico de laboratorio

* Secar el filtro con residuo a 103-105 °C hasta peso constante
* enfriar en desecador y pesar.
* Cálculo de SST en mg/L a partir de la diferencia de peso y el volumen de muestra.

Requisitos de la muestra para SST

* Muestra representativa y bien mezclada, evitar pérdida de sólidos durante el transporte.
* Conservación recomendada a baja temperatura (≈4 °C) y análisis lo antes posible.

Posibles fuentes de error

* Filtración incompleta, pérdida de sólidos por salpicaduras, secado insuficiente o exceso de temperatura.
* Contaminación del filtro o cambios de masa por humedad.

Interpretación de resultados

- Valores altos de SST:
  - alta carga de sólidos
  - posible impacto sobre cuerpos de agua
    - turbidez
    - sedimentación
    - afectación de hábitat)
- Relación cualitativa con procesos de colmatación en redes y unidades de tratamiento.

Interpretación de resultados

* Comparación con límites de la Resolución 631 según tipo de actividad para evaluar cumplimiento.
* Apoyo a decisiones de operación de PTAR
  * lavado de unidades
  * ajuste de pretratamiento

Ejemplo aplicado a un vertimiento

- Caso breve:
  - vertimiento con 350 mg/L de SST frente a límite normativo de 200 mg/L
    - implicación de incumplimiento
    - necesidad de mejorar remoción

SST como parámetro básico

* Económico y obligatorio para caracterización de vertimientos.
* Su medición adecuada es clave para diseño, operación y cumplimiento normativo de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

La Resolución 631 separa SST y SSED

* fracciones diferentes de los sólidos
* Se miden con métodos y unidades distintas
* Reflejan impactos también distintos en el cuerpo de agua y en la PTAR.

Diferencias

Aspecto	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Sólidos Sedimentables (SSED)
Definición	Fracción de sólidos (orgánicos e inorgánicos) que queda retenida en un filtro de poro definido.	Fracción de los sólidos en suspensión que se deposita por gravedad en un tiempo determinado en un cono Imhoff.
Fracción física que mide	Incluye sólidos sedimentables y coloidales; todo lo que no pasa el filtro.	Solo la parte que sedimenta rápidamente (sedimento visible en el cono).
Unidad de reporte	mg/L (masa de sólidos por litro de agua).	mL/L (volumen de sólidos sedimentados por litro de agua).
Método típico	Gravimétrico SM 2540 D / NTC 897: filtración + secado a 103–105 °C y pesado.	Volumétrico SM 2540 F / NTC 897: sedimentación en cono Imhoff y lectura directa.
Tipo de impacto que refleja	Turbidez, colmatación de unidades, aporte global de sólidos y carga orgánica al sistema y al cuerpo receptor.	Tendencia a formar depósitos, lodos y zonas anaerobias en alcantarillados y fondos de cuerpos de agua.
Uso en Resolución 631 de 2015	Parámetro obligatorio en muchas actividades de vertimiento, con límites en mg/L.	Parámetro complementario en varios vertimientos, con límites en mL/L.

Métodos típicos para cada parámetro

- SST – método gravimétrico (SM 2540 D / NTC 897)
  - **Filtrar** un volumen conocido de muestra a través de un filtro de fibra de vidrio acondicionado y pesado. Secar el filtro con el residuo a 103–105 °C hasta peso constante y calcular la concentración en mg/L a partir del aumento de masa y el volumen filtrado.
- Sólidos sedimentables – método volumétrico (SM 2540 F / NTC 897)
  - Llenar un cono Imhoff con 1 L de muestra, dejar **sedimentar** (por ejemplo 45 + 15 minutos) y leer directamente el volumen de sólidos sedimentados en la punta del cono. Reportar el resultado en mL/L, con la precisión indicada (por ejemplo, 0,1 mL entre 0,1 y 2 mL/L).

Grasas y aceites en aguas residuales

* Grasas y aceites como parámetro clave en aguas residuales.
* Afectan redes, plantas de tratamiento y cumplimiento normativo.
* Se expresan normalmente en mg/L como "Grasas y aceites".

En redes de alcantarillado

* Se solidifican en las paredes de tuberías, formando costras o "fatbergs" que causan taponamientos y reducción de capacidad hidráulica.
* Aumentan el riesgo de reboses de aguas residuales, rotura de tuberías y daños a la infraestructura, con altos costos de limpieza y mantenimiento.
* Generan malos olores y favorecen presencia de plagas en cámaras de inspección y puntos de rebose.

En plantas de tratamiento

* Dificultan los procesos biológicos porque forman una capa hidrofóbica que reduce la transferencia de oxígeno y puede inhibir la actividad de los microorganismos.
* Incrementan la generación de lodos, la espuma y los problemas de operación en sedimentadores, digestores, bombas y sensores.
* Pueden llevar a incumplimientos de los límites de vertimiento para aceites y grasas, con riesgo de sanciones y necesidad de sobredimensionar equipos.

En el cuerpo de agua receptor

* Forman películas superficiales que reducen el intercambio aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y afectando la calidad del ecosistema.
* Aumentan DQO y carga orgánica, lo que contribuye a la desoxigenación y posible eutrofización del cuerpo de agua.
* Pueden afectar branquias y piel de peces, causar asfixia, alterar hábitats y dañar fauna acuática.

Impactos ambientales y sanitarios adicionales

* La contaminación puede extenderse al suelo y acuíferos; se estima que 1 litro de aceite usado puede llegar a contaminar decenas de miles de litros de agua.
* Los reboses de alcantarillado asociados a taponamientos por grasas incrementan el riesgo para la salud pública por contacto con aguas residuales sin tratar.

¿Qué son grasas y aceites?

* Mezcla de lípidos de origen animal, vegetal o mineral presentes en el agua.
* Son hidrofóbicos, poco solubles y menos densos que el agua, por eso flotan.
* Incluyen triglicéridos, ceras, aceites lubricantes y fracciones afines.

Formas de presencia en el agua

* Grasas libres o decantables: gotas grandes que flotan o sedimentan con facilidad.
* Grasas emulsionadas: gotas finas estabilizadas por detergentes y tensoactivos.
* Grasas adheridas a sólidos suspendidos o paredes de tuberías y equipos.

Fuentes domésticas

* Aceite de cocina y grasas de alimentos vertidos en lavaplatos.
* Residuos de frituras, caldos grasos, salsas y productos lácteos.
* Malas prácticas: verter aceite usado directamente al desagüe.

Fuentes comerciales y de servicios

* Restaurantes, cafeterías, hoteles y comedores industriales.
* Establecimientos de comida rápida y fritanguerías con alto uso de aceites.
* Lavado de utensilios, planchas y freidoras sin pretratamiento adecuado.

semana Corpoboyacá

Puntos Limpios ACU



Convenciones

- Municipios de la Jurisdicción de **Corpoboyacá**
- Puntos de Recolección **ACU**

Corpoboyacá

1 Sogamoso

- Coliseo Alfonso Patiño Roselli
- Conjunto Reserva de la cañada: Cra. 37 sur # 9 – 233
- Conjunto de Apartamentos IWOKA: Cra. 10 #. 21-157
- Barrio Valdés Tavera Cll. 7 A # 22 – 26
- Plazoleta de Eventos: Cra. 14 calle 1
- Plaza 6 de Septiembre

2 Duitama

- Vivero San Lorenzo
- Cámara de Comercio de Duitama
- Sede Ecología y Logística – Ciudadela Industrial

3 Soatá

- Cra. 5# 3 -92 - Campamento Municipal

4 Samacá

- Oficina Serviteatinos Cra. 4 No. 6 - 42

5 Miraflores

- Alcaldía Municipal

6 Sutamarchán

- Parqueadero municipal, Junto a la Estación de Policía

7 Tunja

- Jardín Botánico
- Antiguo Geriátrico, Cll. 12 No. 2-05 Barrio San Antonio



Reducir, Reutilizar, Reciclar.

www.corpoboyaca.gov.co

Fuentes industriales de origen vegetal

* Plantas de refinación de aceites comestibles y margarinas.
* Procesos de extracción de aceites de semillas y frutos oleaginosos.
* Vertimientos con altas cargas de aceite y grasas emulsionadas.

Fuentes industriales de origen animal

* Mataderos y plantas de beneficio animal (sangre, sebo, grasas).
* Industrias cárnicas y embutidos con vertimientos grasos.
* Industrias lácteas: cremas, mantequilla, queserías con sueros grasos.





Fuentes de aceites minerales

* Talleres mecánicos y lavaderos de vehículos (aceites de motor, lubricantes).
* Industrias metalmecánicas con fluidos de corte y aceites hidráulicos.
* Riesgo de hidrocarburos y compuestos tóxicos asociados.

Marco normativo general (Res. 631/2015)

* Norma que fija parámetros y límites para vertimientos puntuales en Colombia.
* Incluye "Grasas y aceites" como parámetro obligatorio en varias tablas.
* Aplica a descargas a aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado.

Límites típicos en vertimientos domésticos

* Tablas de la 631: límites de grasas y aceites para vertimientos urbanos.
* Valores típicos del orden de 10-30 mg/L según tipo de receptor.
* Requiere monitoreo periódico para demostrar cumplimiento.

Límites sector alimentos y bebidas

* Tablas específicas para industrias de alimentos, lácteos y cárnicos.
* Límites más estrictos por su alto potencial de grasas (p.ej. 10-50 mg/L).
* Obliga a instalar pretratamientos como trampas de grasa y desengrasadores.

Otros referentes normativos

* Resolución 883 de 2018: vertimientos desde soluciones individuales de saneamiento.
* Articulación con Decreto 3930/2010 sobre usos del recurso hídrico.
* Protocolos de monitoreo y preservación definidos en guías técnicas.

Obligaciones del usuario

* Diseñar e instalar sistemas de control de grasas y aceites.
* Implementar programas de mantenimiento y limpieza de trampas de grasa.
* Realizar análisis de laboratorio y reportar resultados a la autoridad ambiental.

Principio del ensayo de grasas y aceites

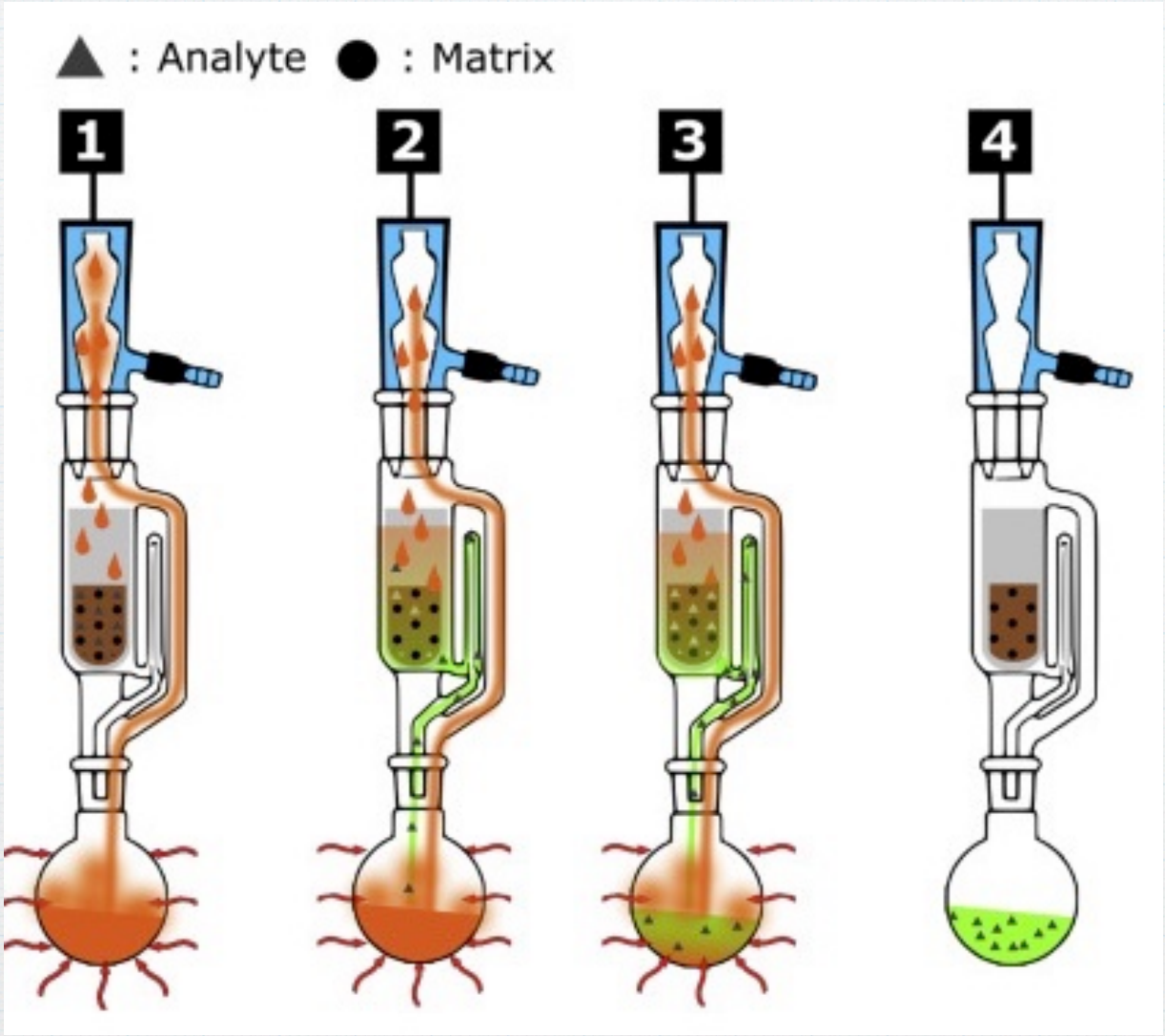
* Se cuantifican compuestos extraíbles con solventes orgánicos no polares.
* La muestra se acidifica para separar fase acuosa y extraer la fase grasa.
* El resultado se expresa como mg de grasas y aceites por litro de muestra.

Método gravimétrico clásico (tipo Soxhlet)

* Muestra filtrada/adsorbida en medio sólido (p.ej. tierra de diatomeas).
* Extracción continua con n-hexano u otro solvente bajo reflujo (Soxhlet).
* Evaporación del solvente y pesada del residuo graso para calcular la concentración.

Métodos rápidos y automatizados

* Sistemas de extracción acelerada tipo Randall o Soxhlet rápido.
* Equipos basados en método EPA 1664 para aceite y grasa (n-hexano).
* Permiten alta reproducibilidad y menor tiempo por muestra en laboratorio.


▲ : Analyte ● : Matrix
1
2
3
4

Muestreo y preservación para grasas

* Usar frascos de vidrio con tapa hermética para evitar adsorción en plástico.
* Acidificar a pH <2 (por ejemplo con H_2SO_4) para estabilizar y romper emulsiones.
* Conservar en frío (≈4 °C) y analizar idealmente antes de 7–28 días según protocolo.

Interferencias y limitaciones del método

* Detergentes y tensoactivos pueden estabilizar emulsiones difíciles de extraer.
* Compuestos volátiles pueden perderse durante evaporación del solvente.
* Algunos sólidos finos pueden arrastrarse y sobreestimar el resultado gravimétrico.

Comportamiento en el sistema de tratamiento

* Tienden a flotar y acumularse en la superficie de tanques y canales.
* Se adhieren a difusores, tuberías y sensores, afectando la operación.
* Pueden inhibir el contacto agua-bacterias y disminuir la eficiencia de DBO/DQO.

Unidades de remoción: trampas de grasa

* Dispositivos instalados en la línea de desagüe de cocinas y restaurantes.
* Reducen la velocidad y favorecen la flotación y retención de grasas y aceites.
* Requieren limpieza frecuente para mantener su eficiencia y evitar malos olores.

Separadores y desengrasadores en PTAR

* Desarenadores - desengrasadores combinan remoción de arenas y flotantes grasos.
* Separadores API (equipos industriales diseñados bajo estándares del American Petroleum Institute) diseñados para aceites y grasas de origen mineral.
* Son parte del pretratamiento antes de procesos biológicos o fisicoquímicos.

Consecuencias del incumplimiento

* Elevados costos de operación por limpiezas y mantenimiento no programado.
* Riesgo de sanciones y cierre temporal por incumplir límites normativos.
* Mayor impacto ambiental: películas visibles, olores, afectación de fauna acuática.

Conexión con otros parámetros

* Grasas y aceites se relacionan con DQO, DBO y SST en la evaluación integral del vertimiento.
* Su control combina buenas prácticas, pretratamiento y monitoreo de laboratorio.
* Entender fuentes, métodos y límites es base para diseñar y operar PTAR eficientes.

Grasas y aceites

* https://www.youtube.com/watch?v=7vg5gsdp3kI

Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

* Parámetro asociado a detergentes/tensoactivos aniónicos en agua.
* Se monitorea en aguas naturales, potables y residuales por su impacto ambiental.
* Aparece explícito en las tablas de la Resolución 631 de 2015 como parámetro a analizar y reportar.

¿Qué es SAAM?

* SAAM = conjunto de tensoactivos aniónicos capaces de formar un par iónico con el colorante azul de metileno.
* Representa principalmente detergentes aniónicos como los alquilbencenosulfonatos lineales (LAS).
* Se expresa como mg/L de sustancias activas al azul de metileno en la muestra de agua.

¿Qué son los tensoactivos aniónicos?

* Moléculas con una parte hidrofóbica (cadena orgánica) y una parte hidrofílica cargada negativamente.
* Reducen la tensión superficial del agua, facilitan el mojado, la emulsificación y la formación de espuma.
* Uso masivo en detergentes domésticos, champús, limpiadores industriales y productos de lavado.

Importancia ambiental de SAAM

* En exceso, generan espuma persistente en ríos y plantas de tratamiento.
* Pueden afectar la permeabilidad de membranas celulares de organismos acuáticos.
* Interfieren en procesos de tratamiento de aguas (floculación, aireación, digestión biológica).

Presencia de SAAM en aguas residuales

* Alta presencia en vertimientos domiciliarios por uso de detergentes sintéticos.
* Cargas significativas en aguas de lavanderías, hospitales, hoteles y procesos de limpieza industrial.
* También en industria cosmética, química y de productos de cuidado personal.

SAAM y la Resolución 631 de 2015

* La 631 incluye "Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)" como parámetro obligatorio en varias tablas sectoriales.
* El tratamiento normativo habitual es "Análisis y Reporte" (no fija un valor límite único general).
* Permite a la autoridad caracterizar la presencia de detergentes aniónicos según actividad económica.

Cómo aparece SAAM en las tablas de la 631

* En tablas de vertimientos a cuerpos de agua superficiales y alcantarillado, SAAM figura junto con grasas y aceites, fenoles y fósforo.
* Unidades de reporte: mg/L, mismo formato que otros parámetros fisicoquímicos.
* Condición "Análisis y Reporte" posibilita establecer condiciones particulares de vertimiento según sector.

Principio del método SAAM

* Azul de metileno (colorante catiónico) reacciona con el tensoactivo aniónico para formar un par iónico.
* El par iónico es hidrofóbico y se transfiere a un solvente orgánico inmiscible (por ejemplo, cloroformo).
* La intensidad del color azul en la fase orgánica se mide por espectrofotometría y es proporcional a la concentración de SAAM.

Procedimiento general del método

* SAAM Se mezcla la muestra acuosa con azul de metileno y se agita con un solvente orgánico en un embudo de decantación.
* Tras varias extracciones, se separa la fase orgánica coloreada con el par iónico.
* Se mide la absorbancia a 652 nm en un espectrofotómetro y se calcula la concentración usando una curva de calibración.

Cálculo y expresión de resultados

- Fórmula típica: mg SAAM/L = m × Absorbancia (652 nm), donde m es el inverso de la pendiente de la curva de calibración.
- El equipo puede entregar directamente el valor en mg/L considerando el factor de dilución introducido.
- Los resultados se reportan como mg/L de sustancias activas al azul de metileno en la muestra.

Normas y documentos de referencia

* Guías del IDEAM y universidades en Colombia describen el método SAAM para tensoactivos aniónicos.
* Se enmarca en metodologías espectrofotométricas estandarizadas para surfactantes aniónicos.
* **NTC 4111-1**: Gestión ambiental. Calidad del agua. Determinación de surfactantes aniónicos por método espectrométrico del azul de metileno.

Transporte y preservantes para SAAM

* Muestras en frascos limpios, preferiblemente vidrio o plástico inerte, evitando residuos de detergentes en el envase.
* Conservación en frío (≈4 °C) y análisis en el menor tiempo posible para evitar degradación o adsorción.
* Registrar en cadena de custodia la fuente del vertimiento, hora y condiciones de muestreo (pH, temperatura, caudal).

Posibles interferencias en el método

* Otros compuestos iónicos pueden formar pares iónicos con el azul de metileno y sobreestimar SAAM.
* Materia orgánica coloreada o turbidez elevada pueden afectar la línea de base de absorbancia.
* Es importante realizar blancos, controles y calibraciones frecuentes para asegurar calidad de datos.

Relación SAAM con otros parámetros

* SAAM se asocia a detergentes aniónicos que también contribuyen a DQO y, en menor medida, a DBO.
* Junto con grasas y aceites, ofrece una visión del impacto de descargas de lavado y limpieza.
* Puede correlacionarse con poder espumógeno y presencia de espuma persistente en sistemas de tratamiento y cuerpos de agua.

Gestión y control de SAAM en vertimientos

* Reducción en la fuente: uso de detergentes biodegradables y optimización de dosis en procesos de lavado.
* Implementación de etapas de tratamiento adecuadas (procesos biológicos, adsorción, oxidación avanzada) para remover tensoactivos.
* Monitoreo rutinario de SAAM según la Resolución 631 para demostrar cumplimiento y ajustar la operación de la PTAR.

Hidrocarburos en aguas residuales: origen, efectos y control

* Definición:
  * Compuestos orgánicos formados por carbono e hidrógeno (alifáticos, aromáticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos), presentes en combustibles, aceites lubricantes y derivados del petróleo.
* Contexto:
  * ingresan a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua por derrames, escorrentía urbana/industrial y vertimientos del sector hidrocarburos y transporte.

Fuentes y tipos de hidrocarburos en el agua

- Fuentes principales:
  - Actividades petroleras (producción, transporte, refinación).
  - Talleres mecánicos, estaciones de servicio, escorrentía de vías, industrias varias.
- Tipos relevantes en aguas residuales:
  - Hidrocarburos totales de petróleo (TPH), fracciones alifáticas y aromáticas.
  - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), altamente tóxicos y persistentes.

Efectos ambientales y sanitarios

* Forman películas en la superficie del agua que reducen intercambio de oxígeno, generando asfixia de organismos y alteración de hábitats acuáticos.
* Toxicidad aguda y crónica: daños en branquias, hígado y sistema reproductor de peces e invertebrados; bioacumulación de HAP con efectos subletales a largo plazo.
* Contaminación de suelos y aguas subterráneas, afectando calidad del recurso para consumo humano y usos productivos.

Normativa colombiana (Resolución 631 de 2015)

* La Resolución 631 de 2015 fija parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos a cuerpos de agua y alcantarillado.
* Incluye grasas y aceites (como fracción de hidrocarburos) y, para ciertos usos del cuerpo receptor (abastecimiento para consumo humano), exige concentración de HAP ≤0,01 mg/L en el vertimiento.
* Actividades del sector hidrocarburos y asociadas deben reportar este parámetro cuando se establece como de análisis y reporte en los anexos de la resolución.

Métodos de análisis y control

- Métodos analíticos:
  - NTC 3362 – Método F: determinación de hidrocarburos mediante extracción con solvente y lectura por infrarrojo de partición, a partir del extracto de aceites y grasas.
  - Instructivos IDEAM para determinación de grasas, aceites e hidrocarburos en agua superficial según NTC 3362 (métodos C y F).
- Medidas de control en la fuente:
  - Trampas de grasas e hidrocarburos en talleres y estaciones de servicio, planes de manejo de derrames, mantenimiento de equipos y capacitación del personal.

Coliformes fecales

* Conformes termotolerantes (coliformes fecales) y patógenos: indicadores clave de contaminación microbiológica en agua y ambientes.
* Relevantes para salud pública, saneamiento básico y prevención de enfermedades transmitidas por agua y alimentos.
* Usados como herramienta de vigilancia y control en normas como la Resolución 2115 de 2007 y la Resolución 631 de 2015.

¿Qué son los coliformes?

* Grupo de bacterias Gram negativas, bacilos, oxidasa negativos, fermentan lactosa con producción de gas y ácido en 24-48 h a 35-37 °C. Incluye géneros como Escherichia, Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter.
* Se utilizan como indicadores de contaminación fecal o contaminación ambiental en agua y alimentos. eficacia de desinfección y la integridad de redes de distribución de agua potable.
* Se complementan con otros indicadores y parámetros fisicoquímicos en los sistemas de vigilancia de calidad de agua.

Coliformes totales vs termotolerantes

- Coliformes totales: crecen y fermentan lactosa a 35–37 °C; pueden tener origen ambiental (suelo, vegetación) o fecal.
- Coliformes termotolerantes (fecales): fermentan lactosa a 44–45 °C; se asocian principalmente a heces de humanos y animales de sangre caliente.
- Su presencia en agua indica riesgo elevado de patógenos entéricos y fallas en los procesos de desinfección.

Escherichia coli como indicador principal

* E. coli es el coliforme termotolerante más representativo de contaminación fecal reciente.
* Normalmente habita el intestino de humanos y animales, pero algunas cepas son patógenas (EHEC, ETEC, EPEC, etc.).
* Su detección en agua de consumo o alimentos implica riesgo de infecciones gastrointestinales y brotes.

Otros patógenos relevantes en agua

* Bacterias: Salmonella spp., Shigella spp., Vibrio cholerae, Campylobacter jejuni, entre otras.
* Virus entéricos: norovirus, rotavirus, enterovirus, adenovirus, etc., difíciles de detectar rutinariamente.
* Parásitos: Giardia, Cryptosporidium, helmintos; su presencia se asocia a contaminación fecal crónica de fuentes de agua.

Fuentes de contaminación microbiológica

* Descargas de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado.
* Infiltración de aguas negras, fosas sépticas defectuosas y escorrentía de zonas agropecuarias hacia ríos y acuíferos.
* Malas prácticas de higiene en manipulación de alimentos y deficiencias en infraestructura de acueducto.

Vías de exposición y riesgos

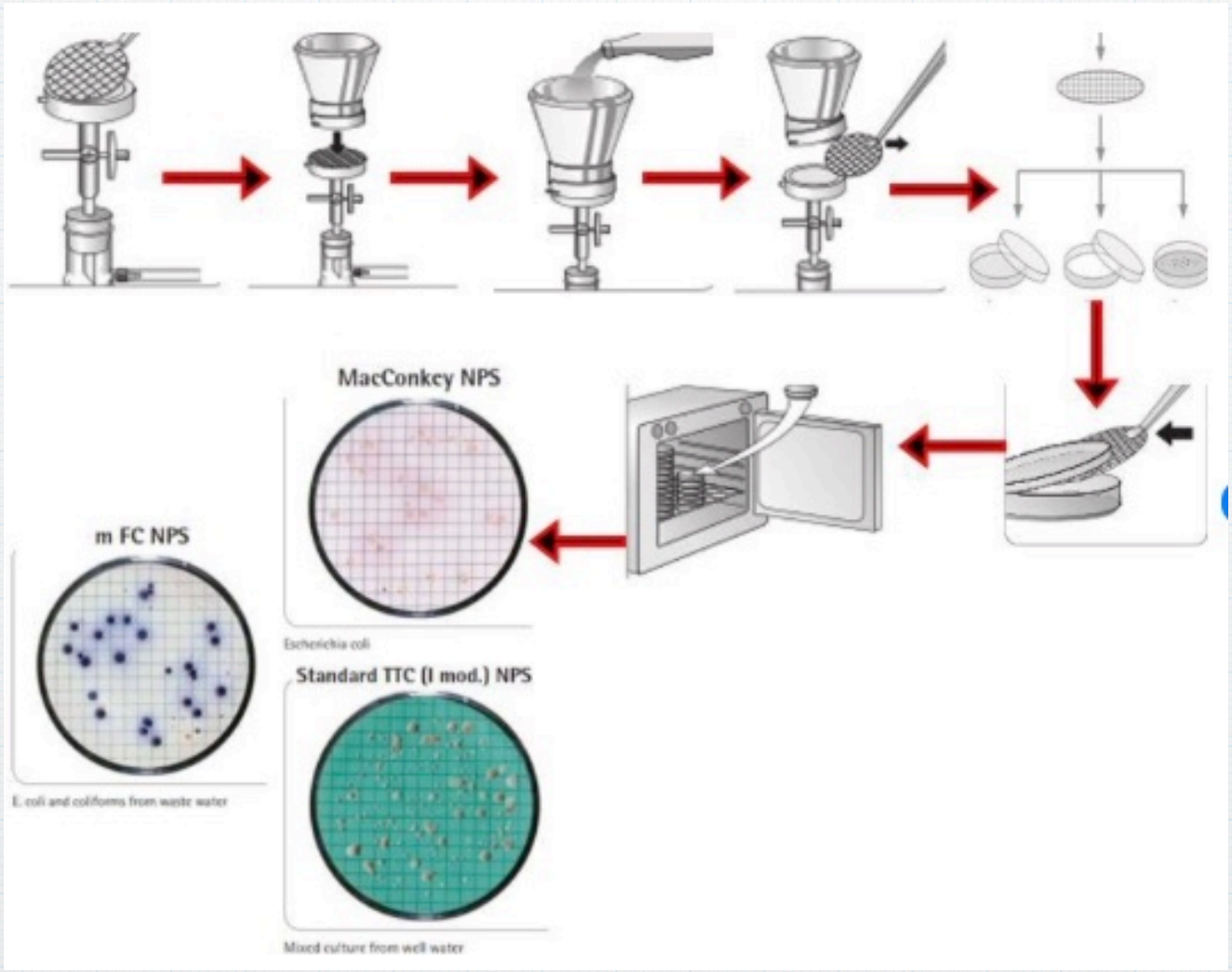
* Ingesta de agua de consumo contaminada (grifo, pozos, sistemas comunitarios) sin desinfección adecuada.
* Consumo de alimentos lavados o preparados con agua contaminada, especialmente crudos o poco cocidos.
* Contacto recreativo con aguas contaminadas (ríos, lagos, piscinas) que facilita infecciones gastrointestinales, cutáneas y oculares.

Enfermedades asociadas

* Gastroenteritis: diarrea aguda, dolor abdominal, vómito, fiebre; cuadro típico por E. coli y otros enteropatógenos.
* Enfermedades sistémicas: septicemias, infecciones urinarias, meningitis en grupos vulnerables por ciertas cepas de E. coli.
* Brotes epidémicos por agua contaminada (cólera, fiebre tifoidea, diarreas agudas) en ausencia de control ambiental.

Métodos de detección de coliformes

* Métodos de cultivo: Número Más Probable (NMP) y filtración por membrana con medios selectivos diferenciales.
* Pruebas de confirmación bioquímica (fermentación de lactosa, producción de gas, pruebas de indol, oxidasa, etc.).
* Métodos rápidos: pruebas enzimáticas (β-galactosidasa, β-glucuronidasa) y técnicas moleculares (PCR) en laboratorios avanzados.


MacConkey NPS
Escherichia coli
m FC NPS
E. coli and coliforms from waste water
Standard TTC (I mod.) NPS
Mixed culture from well water

Método del Número Más Probable (NMP)

* Técnica estadística basada en la inoculación de series de tubos con distintos volúmenes de agua en un medio de cultivo líquido que contiene lactosa y un indicador (ej. caldo lactosado).
* Se observa la producción de gas y/o ácido tras la incubación; el patrón de tubos positivos y negativos se compara con tablas estándar para estimar el NMP de coliformes por 100 mL.
* Es útil para aguas con baja carga bacteriana o turbias, donde es difícil filtrar, y permite detectar coliformes totales y termotolerantes mediante incubaciones a diferentes temperaturas.

Método de filtración por membrana con medios selectivos diferenciales

* Consiste en hacer pasar un volumen conocido de agua (generalmente 100 mL) a través de un filtro de membrana de porosidad 0,45 µm que retiene las bacterias presentes.
* El filtro se coloca sobre un medio de cultivo sólido selectivo/diferencial (por ejemplo, m-Endo, m-FC u otros específicos para coliformes), se incuba a la temperatura adecuada y se cuentan las colonias típicas.
* Permite obtener recuentos directos de colonias por 100 mL, es más rápido y preciso para aguas claras, y favorece la confirmación de colonias sospechosas mediante pruebas bioquímicas adicionales.

Recipientes, preservantes y condiciones básicas

* Usar frascos estériles de boca ancha (vidrio o plástico), con tapa hermética; para agua clorada, el frasco debe venir con tiosulfato de sodio para neutralizar el cloro residual.
* El tiosulfato se agrega previamente al frasco (cantidad definida por el laboratorio) para evitar que el desinfectante siga actuando y reduzca artificialmente el número de coliformes.
* Mantener las muestras en la oscuridad y en refrigeración (entre 2–8 °C, típicamente en nevera portátil con hielo), sin congelar, desde el momento de la toma hasta su llegada al laboratorio.

Transporte, tiempos máximos y relación con resultados

* Transportar la muestra al laboratorio lo más rápido posible, idealmente en pocas horas; normas y manuales señalan que para análisis microbiológico las muestras deben **mantenerse por debajo de 10 °C** y analizarse en un máximo de **6 horas** para aguas no potables y alrededor de **24-30 horas** para agua de consumo, según el protocolo aplicado.
* Evitar exposición al sol, golpes y aperturas innecesarias del frasco durante el transporte, ya que estos factores pueden modificar la población microbiana y alterar el resultado de NMP o filtración por membrana.
* El cumplimiento de estas condiciones de preservación y transporte garantiza que el recuento de coliformes y E. coli sea representativo de la calidad real del agua en el punto de muestreo y, por tanto, confiable para compararlo con los límites de la Res. 2115, la Res. 631 y el cálculo de indicadores como el IRCA.

Normas de referencia

* El método de Número Más Probable (NMP) y la filtración por membrana para coliformes y E. coli se basan en normas técnicas como la Norma Técnica Colombiana NTC 4939, que especifica métodos para la enumeración de coliformes y E. coli en muestras de agua.
* Otras NTC relacionadas son la NTC 813 (Agua potable – requisitos), que fija criterios microbiológicos para agua potable, incluyendo la ausencia de E. coli en 100 mL, independientemente del método analítico usado.
* Estas NTC adaptan y armonizan métodos internacionales (Standard Methods, ISO) para que los laboratorios del país apliquen de manera estandarizada NMP y filtración por membrana en el control de calidad del agua.

Relación con Resolución 631 de 2015, Resolución 2115 de 2007 e IRCA

* La Resolución 631 de 2015 exige reportar la concentración en NMP/100 mL de coliformes termotolerantes en vertimientos de aguas residuales, por lo que el método NMP descrito en normas técnicas (como la NTC 4939) es una herramienta directa para demostrar el cumplimiento de los límites de vertimiento.

* La Resolución 2115 de 2007 establece los criterios microbiológicos del agua para consumo humano e indica métodos aceptados (filtración por membrana, sustrato definido, presencia-ausencia, etc.) para E. coli y coliformes, los cuales se apoyan en NTC como la 4939 y en metodologías validadas por el INS; los resultados obtenidos alimentan el cálculo del IRCA, que integra el riesgo microbiológico entre otros parámetros.

* El IRCA (definido en el Decreto 1575 de 2007 y calculado con la fórmula de la Res. 2115) utiliza los resultados de coliformes totales y E. coli generados por estos métodos (NMP o filtración por membrana) para clasificar el riesgo de la calidad del agua; a la vez, el control de coliformes termotolerantes en vertimientos según la Res. 631 contribuye a proteger las fuentes hídricas y a mejorar el IRCA en los sistemas de abastecimiento.

Coliformes como indicadores, no como únicos patógenos

* La ausencia de coliformes reduce la probabilidad, pero no garantiza la ausencia total de patógenos.
* Permiten evaluar eficacia de desinfección y la integridad de redes de distribución de agua potable.
* Se complementan con otros indicadores y parámetros fisicoquímicos en los sistemas de vigilancia de calidad de agua.

Medidas de prevención en sistemas de agua

* Protección de fuentes: control de vertimientos, franjas de protección, manejo adecuado de aguas residuales y de excretas.
* Tratamiento completo: coagulación, filtración y desinfección (habitualmente cloración) ajustada a la calidad del agua cruda.
* Mantenimiento y monitoreo continuo de redes de distribución para evitar intrusión de aguas contaminadas.

Medidas de prevención en alimentos

* Uso exclusivo de agua potable en lavado, preparación y elaboración de alimentos y bebidas.
* Cocción completa de alimentos de alto riesgo (cárnicos, lácteos, vegetales de consumo crudo) para inactivar patógenos.
* Buenas prácticas de higiene y manufactura (BPM/BPHA): lavado de manos, superficies limpias, separación de alimentos crudos y cocidos.

Marco normativo en Colombia: Resolución 2115 de 2007

* Establece los requisitos de calidad del agua para consumo humano en Colombia (parámetros físicos, químicos y microbiológicos).
* Define valores máximos permitidos para coliformes totales y Escherichia coli en agua potable en diferentes puntos del sistema.
* Obliga a los prestadores del servicio de acueducto a implementar programas de muestreo, control y reporte de resultados.

Marco normativo en Colombia: Resolución 631 de 2015

* Regula los parámetros de vertimiento de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales y a alcantarillado público.
* Incluye criterios microbiológicos e indicadores de contaminación fecal utilizados en el control de descargas.
* Busca reducir la carga contaminante (incluyendo materia orgánica y microorganismos) que llega a fuentes usadas para abastecimiento.

Relación entre Resolución 2115 de 2007 y Resolución 631 de 2015

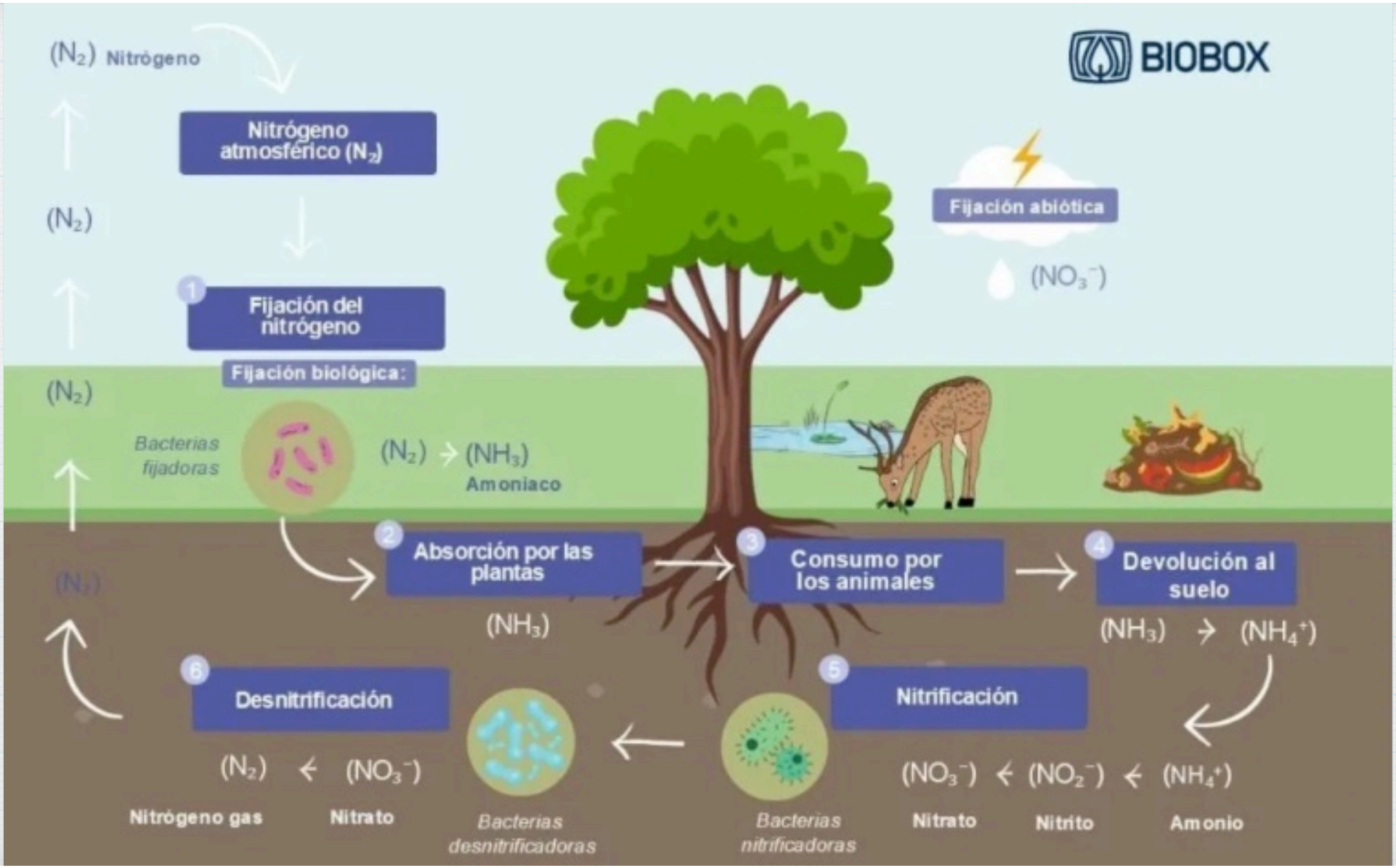
* La Resolución 2115 se centra en la calidad del agua de **consumo humano**, mientras que la Resolución 631 regula la calidad de los **vertimientos** que llegan a las fuentes de agua.

* Ambas normas se complementan: limitar la carga microbiológica en vertimientos (Res. 631) protege las fuentes hídricas y facilita cumplir los estándares de agua potable exigidos por la Res. 2115.

* Juntas forman parte de la estrategia de prevención y control ambiental para reducir la presencia de coliformes termotolerantes y patógenos en el ciclo del agua, desde la fuente hasta el consumo.

Compuestos de Nitrógeno

* Principales compuestos: Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$), nitritos ($N\text{-}NO_2^-$), nitratos ($N\text{-}NO_3^-$) y nitrógeno total (N total), presentes en aguas residuales por origen orgánico (ureas, proteínas) e inorgánico (fertilizantes).
* Indicadores de contaminación orgánica, eutrofización y riesgo para salud pública en cuerpos de agua.
* La Resolución 631 de 2015 los clasifica como parámetros de "Análisis y Reporte" en vertimientos, obligando monitoreo continuo para evaluar carga contaminante.


(N_2) Nitrógeno
BIOBOX
Nitrógeno atmosférico (N_2)
(N_2)
1 Fijación del nitrógeno
Fijación biológica:
(N_2)
Bacterias fijadoras
$(N_2) \rightarrow (NH_3)$
Amoniaco
Fijación abiótica
(NO_3^-)
2 Absorción por las plantas
(NH_3)
3 Consumo por los animales
4 Devolución al suelo
$(NH_3) \rightarrow (NH_4^+)$
(N_2)
6 Desnitrificación
$(N_2) \leftarrow (NO_3^-)$
Nitrógeno gas
Nitrato
Bacterias desnitrificadoras
5 Nitrificación
Bacterias nitrificadoras
$(NO_3^-) \leftarrow (NO_2^-) \leftarrow (NH_4^+)$
Nitrato
Nitrito
Amonio

Fuentes de compuestos de nitrógeno

* Aguas residuales domésticas: amoníaco de orina y degradación de materia orgánica (proteínas, urea).
* Actividades agroindustriales: fertilizantes nitrogenados, purines ganaderos y lavado de instalaciones.
* Vertimientos industriales: procesos químicos, alimentos y textiles con exceso de N amoniacal y nitratos.

Relación con Resolución 631 de 2015

* Regula vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de agua y alcantarillado, requiriendo "Análisis y Reporte" de N amoniacal, nitritos, nitratos y N total sin límites numéricos fijos, pero evaluados en conjunto con DQO, DBO y otros.
* Permite a las CAR establecer valores límites locales basados en capacidad asimilativa del receptor.
* Monitoreo obligatorio para licencias ambientales y control de impacto en fuentes hídricas usadas para abastecimiento.

Importancia ambiental de altos niveles

* Eutrofización: exceso de N + P provoca proliferación algal ("bloom"), hipoxia y muerte de fauna acuática.
* Acidificación y toxicidad para peces por amoníaco libre (NH_3) a pH alto y temperaturas elevadas.
* Contaminación de acuíferos y deterioro de calidad para usos múltiples (consumo, riego, recreación).

Consecuencias para salud humana

- Nitratos >50 mg/L en agua potable:
  - riesgo de metahemoglobinemia ("síndrome del bebé azul") en lactantes, al reducir oxígeno en sangre.
- Nitritos:
  - formación de nitrosaminas cancerígenas en estómago.
- Crónicos:
  - hipertensión, problemas tiroideos y eutrofización indirecta vía alimentos contaminados.

Parámetros y valores típicos

- N amoniacal:
  - <1 mg/L en agua potable; 5-50 mg/L en residuales domésticas; >100 mg/L en purines.
- Nitritos:
  - <1 mg/L potable; 1-10 mg/L residuales típicas.
- Nitratos:
  - <10 mg/L potable (Colombia); 20-200 mg/L en efluentes agroindustriales.

Valores típicos por actividad (Res. 631 contexto)

- Vertimientos domésticos:
  - N total 20-40 mg/L
  - N amoniacal 10-30 mg/L.
- Agroindustria (mataderos):
  - N total 100-500 mg/L
  - nitratos 50-200 mg/L.
- Industria alimentaria:
  - N amoniacal 20-100 mg/L
  - Requiere tratamiento previo a vertimiento.

Recolección y transporte de muestras

* Frascos plásticos o vidrio (250–1000 mL), limpios y sin preservante químico; enfriar inmediatamente a 4 °C con hielo.
* Máximo 28 horas para N amoniacal/nitritos; 48 horas para nitratos; evitar luz solar y congelación.
* Etiquetar con fecha, hora, punto de muestreo y temperatura; cadena de custodia para Res. 631 cumplimiento.

Métodos de referencia para N amoniacal

* Espectrofotometría: método fenato (colorimétrico a 630-640 nm) o Nessler (color marrón); NTC asociada y métodos EPA 350.1.
* Distilación + titulación o potenciométrica para muestras complejas.
* Precisión: incertidumbre <15%; límite detección —0.002 mg/L N.

Tratamientos para reducir compuestos N (Res. 631)

- Biológico: nitrificación ($NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$) + desnitrificación ($NO_3^- \rightarrow N_2$) en plantas de tratamiento.
- Físico-químico: intercambio iónico, ósmosis inversa para nitratos altos. "Nitratos a clororuros —> filtración"
- Monitoreo pre/post-tratamiento obligatorio en licencias ambientales.

Conclusiones y recomendaciones

- Control de N según Res. 631 previene eutrofización y protege fuentes hídricas para consumo (Res. 2115).
- Usar métodos NTC/EPA estandarizados asegura datos confiables para informes y sanciones.
- Altos niveles (>50 mg/L NO_3): riesgo eutrofización, metahemoglobinemia; monitoreo continuo clave en actividades agroindustriales.

Compuestos de Fósforo

- Principales formas: fósforo total (P total), ortofosfato (PO_4^{3-}), fósforo orgánico y polifosfatos; origen en detergentes, fertilizantes y materia orgánica.
- Indicadores clave de contaminación orgánica e inorgánica en vertimientos; promotores principales de eutrofización.
- Resolución 631 de 2015 los exige en "Análisis y Reporte" para vertimientos ARnD, evaluados junto a DQO, DBO y nitrógeno.


CICLO DEL FÓSFORO
© Editorial Etecé
6 SUBDUCCIÓN
PO_4^{3-}
1 METEORIZACIÓN
3 ABSORCIÓN POR LOS ANIMALES
FOSFATO ORGÁNICO
PO_4^{3-}
PO_4^{3-}
PO_4^{3-}
2 ABSORCIÓN POR LAS PLANTAS
5 SEDIMENTACIÓN Y FORMACIÓN DE ROCAS
4 DESCOMPOSICIÓN

Fuentes de compuestos de fósforo

* Domésticas: detergentes fosfatados, aguas grises y residuales (5-10 mg/L P total típico).
* Agropecuarias: fertilizantes, purines y escorrentía de cultivos (20-100 mg/L en efluentes).
* Industriales: procesamiento alimentos, mataderos, textiles (hasta 50 mg/L P ortofosfatado).

Relación con Resolución 631 de 2015

* Regula vertimientos a cuerpos de agua y alcantarillado público; P total y ortofosfato en monitoreo obligatorio sin límite fijo nacional.
* CAR pueden fijar límites según capacidad asimilativa del receptor y riesgo eutrofización.
* Parte del balance contaminante total; alto P + N acelera degradación de fuentes hídricas.

Importancia ambiental de altos niveles

* Eutrofización acelerada: blooms algales (cianobacterias), anoxia nocturna, muerte masiva peces.
* Bloqueo de luz solar y liberación de toxinas (microcistinas) en agua contaminada.
* Alteración ecosistemas acuáticos y deterioro usos múltiples (riego, recreación, abastecimiento).

Consecuencias para salud humana

* Indirectas vía eutrofización: proliferación cianotoxinas cancerígenas y hepatotóxicas en agua potable.
* Directas: ortofosfatos altos en agua potable pueden causar calcificaciones vasculares crónicas.
* En alimentos: bioacumulación vía cadena trófica en peces de lagos eutróficos.

Parámetros y valores típicos

* P total:
  * <0.1 mg/L agua natural; 4-8 mg/L residuales domésticas; 10-50 mg/L agroindustria.
* Ort fosfato:
  * <0.05 mg/L potable; 2-6 mg/L residuales típicas.
* Polifosfatos:
  * comunes en detergentes (hasta 30% P en productos).

Valores típicos por actividad (Res. 631 contexto)

- Vertimientos domésticos:
  - P total 4-12 mg/L; ortofosfato 1-4 mg/L.
- Mataderos/lácteos:
  - P total 20-80 mg/L; requiere pretratamiento químico.
- Industria textil:
  - P total 5-30 mg/L por procesos de teñido y lavado.

Recolección y transporte de muestras

- Frascos plásticos o vidrio ámbar (250-500 mL), sin preservante; acidificar a pH<2 con H_2SO_4 para P total (evita precipitación).
- Refrigerar 4°C inmediatamente; máximo 28 días análisis P total, 48 horas ortofosfato.
- Proteger de luz; cadena custodia para reportes Res. 631.

Métodos de referencia para fósforo

- P ortofosfato: colorimetría vanadomolibdato (470 nm) o ascorbato molibdato (880 nm); NTC 4174.
- P total: digestión ácida/quemado + hidrólisis a ortofosfato + colorimetría
  - (EPA 365.1/365.3).
  - (EPA 365.4, ISO 6878).
- Precisión: ±5-10%; LOD —0.01 mg/L P.

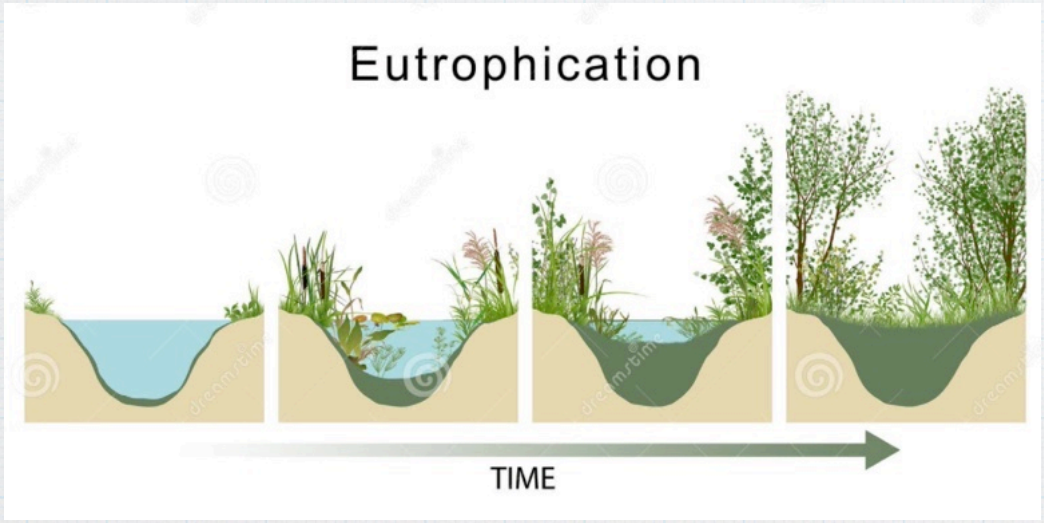
Tratamientos para reducir fósforo (Res. 631)

* Precipitación química: sales de hierro/aluminio (P → fosfatos insolubles).
* Biológico: resina la "atrapa" cambiando iones, y luego una membrana a presión la pule hasta eliminarlo.
* Filtración/tercio terciario obligatorio para vertimientos sensibles eutrofización.

Conclusiones y recomendaciones

* Control P según Res. 631 esencial para prevenir blooms tóxicos y proteger abastecimiento (Res. 2115).
* Métodos NTC/EPA estandarizados garantizan datos válidos para licencias ambientales.
* Niveles >1 mg/L P total: alto riesgo eutrofización; monitoreo clave en agroindustria y urbanos.

Eutrofización





Otros parámetros

- Metales y metaloides:
  - elementos como As, Cd, Pb, Cr, Hg, Cu, Zn que pueden ser tóxicos a bajas concentraciones y se acumulan en sedimentos y organismos.
- Iones:
  - especies cargadas disueltas (cloruros, sulfatos, cianuro total, sulfuros) que afectan corrosividad, salinidad y toxicidad del agua.
- Acidez total: Capacidad del agua para neutralizar bases (presencia de ácidos minerales, CO_2, metales);
- Alcalinidad total: Capacidad para neutralizar ácidos (bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos).
- Dureza cálcica y dureza total: concentración de Ca^{2+} (cálcica) y Ca^{2+} +Mg^{2+} (total), expresadas como mg/L $CaCO_3$
- Color real: color del agua sin turbiedad, medido como absorbancia a 436, 525 y 620 nm.

Relación con Resolución 631 de 2015

* La Res. 631 clasifica Metales y Metaloides (As, Cd, Pb, Cr, etc.) e Iones (Cl^-, SO_4^{2-}, CN^-, S^{2-}, entre otros) como parámetros con límites o "Análisis y Reporte" según tipo de vertimiento y cuerpo receptor.
* Otros parámetros (Acidez total, Alcalinidad total, Dureza cálcica, Dureza total y Color real) aparecen explícitamente en la tabla general como obligatorios de "Análisis y Reporte" para caracterizar los vertimientos y su impacto.
* Estos parámetros no siempre tienen un valor límite único nacional, pero sirven para: evaluar corrosividad, incrustaciones, toxicidad, aporte de sales y afectación estética de la fuente receptora, insumos clave para licencias, Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) y control de vertimientos.

Fuentes típicas y consecuencias de niveles altos

* Metales y metaloides: provienen de minería, galvanoplastia, curtiembres, baterías, metalmecánica; altos niveles generan toxicidad aguda, bioacumulación, daño renal, neurológico y riesgo cancerígeno (As, Cr VI, Cd, Pb).
* Iones (Cl^- , SO_4^{2-} , CN^- , S^{2-}): proceden de aguas industriales, salmueras, uso de cianuro en minería, procesos de desulfuración; concentraciones altas causan corrosión, sabor salado, toxicidad para peces y riesgos agudos por cianuros y sulfuros.
* Alta acidez: aguas muy corrosivas, solubilizan metales y deterioran tuberías e infraestructura
* Alta alcalinidad y dureza: incrustaciones en tuberías, equipos térmicos, disminución eficiencia de tratamiento
* Color real elevado: presencia de humus, compuestos orgánicos o metales, afecta estética, desinfección y formación de subproductos tóxicos.

Parámetro	Transporte y preservantes	Fuentes principales	Consecuencias altos niveles
Metales y metaloides	Frascos plástico/vidrio; refrigerar ≤6 °C; para metales totales: sin filtrar; para disueltos: filtrar in situ y acidificar con HNO_3 hasta pH<2 (estabilidad hasta 6 meses para la mayoría).	Minería, galvanoplastia, curtiembres, baterías, metalmecánica, combustión.	Toxicidad crónica (renal, neurológica, hepática), carcinogenicidad (As, Cr VI), bioacumulación y biomagnificación en cadenas tróficas, restricción de uso del agua.
Iones (Cl^-, SO_4^{2-}, CN^-, S^{2-})	Frascos plástico/vidrio; refrigeración 4 °C; algunos requieren preservantes específicos (ej. NaOH para CN^-, ZnAc para S^{2-}) y tiempos cortos (hasta 24–48 h).	Vertimientos industriales, salmueras, minería (cianuro), aguas subterráneas salinizadas, plantas químicas.	Corrosión de redes, sabor salado, toxicidad aguda (cianuro, sulfuros) para humanos y fauna, mortandad de peces, incompatibilidad con riego.
Acidez total	Frascos plástico/vidrio, refrigeración; preferible determinar in situ o antes de 24 h para evitar cambios de CO_2 y pH.	Aguas ácidas de mina, descargas industriales, dióxido de carbono disuelto, ácidos minerales.	Alta corrosividad, disolución de metales, deterioro tuberías y estructuras, toxicidad indirecta por aumento de metales y cambios de pH.
Alcalinidad total	Frascos plástico/vidrio, refrigeración, análisis antes de 24 h; sensibles a intercambio CO_2/atmósfera.	Rocas carbonatadas, cal, procesos de potabilización (sosa, cal), vertimientos industriales.	Alto buffering, interfiere con desinfección, favorece incrustaciones y consumo de reactivos; muy baja alcalinidad favorece corrosión.
Dureza cálcica y total	Frascos plástico/vidrio; refrigeración; muestras estables varios días, sin necesidad de acidificar si solo se analiza dureza.	Disolución de Ca^{2+} y Mg^{2+} de rocas y suelos, tratamientos con cal, descargas industriales.	Incrustaciones en tuberías, calderas y equipos; aumento consumo de jabón y detergentes; cambios organolépticos y problemas operativos en procesos industriales y de potabilización.
Color real	Frascos vidrio ámbar/plástico, refrigeración, evitar luz; análisis en 24–48 h.	Sustancias húmicas, materia orgánica natural, hierro, manganeso, efluentes industriales (textil, papelera).	Deterioro estético, interferencia con desinfección, formación de subproductos (THM), rechazo por usuarios y limitaciones para uso recreativo y potabilización.

Suelo, muestreo y contaminación

* El suelo puede acumular metales pesados, hidrocarburos y otros contaminantes de actividades industriales, agrícolas y urbanas.
* En Colombia, normas como NTC 3656 regulan el muestreo de suelos contaminados para que las muestras sean representativas y comparables.
* El Decreto 1076 de 2015 y normas distritales en Bogotá obligan a identificar, monitorear y remediar suelos contaminados como parte de la gestión ambiental.

Relación suelo-agua

* Relación suelo-agua Los contaminantes del suelo pueden lixiviarse (lavarse) hacia aguas subterráneas y superficiales, afectando la calidad del agua para consumo, riego y ecosistemas.
* Por eso las normas de suelos se coordinan con normas de vertimientos y recursos hídricos, evaluando "suelo y recursos asociados" (acuíferos someros) y rutas de exposición.
* Un buen muestreo de suelo es clave para prevenir la contaminación del agua y definir medidas de remediación y manejo del riesgo en los predios.

Videos contextualización de usos de muestreo

* https://www.youtube.com/watch?v=Xjxx8qRazyI
* https://www.youtube.com/watch?v=KPhR-bPgwYQ
* https://www.youtube.com/watch?v=0oqLM-duRGM

Normatividad general para suelos

* A diferencia del agua (Res. 2115 y 631), en suelos Colombia no tiene aún una "resolución única nacional" de calidad de suelo para todos los usos.
* El marco se construye combinando tratados internacionales, leyes marco ambientales, decretos, resoluciones sectoriales y guías técnicas.
* Varios instrumentos se enfocan en suelos contaminados, riesgos para la salud y degradación de tierras (desertificación, cambio de uso, etc.).

Jerarquía normativa aplicada a suelos

* Nivel internacional:
  * convenios ambientales multilaterales ratificados por Colombia (biodiversidad, desertificación, sustancias químicas, mercurio, etc.).
* Nivel legal:
  * Constitución Política y leyes marco ambientales (Código de Recursos Naturales, Ley 99 de 1993, Ley 1658 de 2013 – mercurio).
* Nivel reglamentario:
  * decretos y resoluciones que desarrollan instrumentos de gestión ambiental, incluyendo suelos y sitios contaminados.
* Nivel técnico:
  * guías, manuales, procedimientos del MinAmbiente, IDEAM, autoridades ambientales regionales y distritales.

Tratados internacionales relevantes para suelos

* Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), ratificada por Colombia, que compromete al país a prevenir degradación de tierras y mejorar manejo de suelos.
* Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes: regula COP que se acumulan en suelos y sedimentos.
* Convenio de Minamata sobre el Mercurio: orienta reducción y eliminación del mercurio, clave para suelos en áreas mineras.
* Estos tratados se materializan internamente en leyes y políticas para gestión de suelos, sustancias químicas y pasivos ambientales.

Ley 99 de 1993 y suelos

* Crea el Ministerio de Ambiente y el SINA, asignando la responsabilidad general de proteger todas las matrices ambientales, incluido el suelo.
* Introduce principios de prevención y precaución para actividades con potencial de contaminar suelos (industria, minería, vertimientos, residuos).
* Asigna a autoridades ambientales la función de controlar la contaminación y exigir medidas de recuperación en suelos afectados.

Otros marcos legales generales

* Normas sobre sustancias químicas y residuos peligrosos, que impactan directamente la contaminación de suelos (por ejemplo, lineamientos COP, mercurio).
* Normas sobre ordenamiento territorial y uso del suelo (planes de ordenamiento, POT) que condicionan la localización de actividades contaminantes.
* Leyes sectoriales (minería, hidrocarburos, agroindustria) que exigen gestión de impactos sobre suelos y la obligación de remediación.

Decretos y reglamentos con impacto en suelos

* Procedimientos de licenciamiento ambiental que incluyen evaluación y manejo de impactos sobre suelo y subsuelo.
* Reglamentaciones sobre residuos peligrosos, disposición en suelos y pasivos ambientales.
* Procedimientos de monitoreo y seguimiento de degradación de tierras (IDEAM) que integran indicadores de suelo.

Suelos contaminados y gestión del riesgo

* En Colombia el enfoque se orienta a "suelos contaminados" y "sitios contaminados" más que a una "calidad estándar" nacional única.
* Se evalúan sustancias criterio (metales, hidrocarburos, compuestos orgánicos, etc.) y rutas de exposición suelo-agua-aire-alimentos.
* La gestión incluye identificación, investigación, evaluación de riesgo y definición de medidas de remediación o contención.

Instrumentos nacionales de referencia técnica

* Manuales y guías del MinAmbiente sobre evaluación y gestión del riesgo de contaminantes (incluyendo matrices suelo y sedimentos). Procedimientos IDEAM para monitoreo de degradación de suelos y tierras, que definen metodologías de muestreo y análisis. Guías elaboradas junto con cooperación internacional (PNUD, etc.) para fortalecer capacidades en gestión de sustancias químicas y su impacto en suelo.

Rol del IDEAM en suelos

- Desarrolla procedimientos para seguimiento de la degradación de tierras, erosión, desertificación y otros procesos que afectan suelos.
- Define protocolos de monitoreo, toma de muestras, parámetros e indicadores asociados a la matriz suelo.
- Provee insumos técnicos para políticas nacionales de lucha contra la desertificación y manejo de tierras.

Guías de evaluación de riesgo de sitios contaminados

* Existe una "Guía para la Evaluación de Riesgo de Sitios Contaminados" que apoya la gestión de riesgos en matrices suelo y acuífero somero.
* Esta guía orienta la identificación de fuentes, rutas y receptores, así como la priorización de sitios a intervenir.
* Se alinea con principios de evaluación de riesgo internacional (identificación de peligro, análisis de exposición y caracterización del riesgo).

Experiencia pionera de Bogotá en suelos contaminados

* La Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá expidió la Resolución 02700 de 2023, primer marco detallado en Colombia sobre investigación de contaminación en suelos.
* Esta resolución adopta la "Metodología para la estandarización de criterios de investigación de contaminación en suelo y recursos asociados" y una guía de evaluación de riesgo de sitios contaminados.
* Bogotá se posiciona como referente nacional y regional en definición de metodologías y niveles de referencia para suelos contaminados urbanos.

Contenido clave de la Resolución 02700 de 2023 (Bogotá)

* Establece criterios para identificar y priorizar suelos con potencial contaminación por actividades industriales y de alto impacto histórico.
* Define rutas para investigación preliminar, orientativa y detallada de contaminación en suelos y recursos asociados (agua subterránea, por ejemplo).
* Incluye una guía para evaluar el riesgo de sitios contaminados y orienta decisiones sobre cambios de uso del suelo y procesos de descontaminación.

Metodología de investigación de suelos contaminados (Bogotá)

* Se estructura en etapas secuenciales: identificación de sitios sospechosos, priorización, investigación de detalle y gestión del riesgo.
* Aplica criterios técnicos y listados de "sustancias criterio" para enfocar los análisis en compuestos de mayor riesgo.
* Genera insumos para decidir si un suelo puede soportar nuevos usos (residencial, comercial, recreativo) o requiere remediación previa.

Sustancias criterio y matrices asociadas

* La guía y la resolución incluyen listados de sustancias criterio típicas: metales pesados, hidrocarburos, compuestos orgánicos persistentes, entre otros.
* Consideran no solo el suelo, sino recursos asociados como aguas subterráneas, aguas superficiales y eventualmente aire del subsuelo (vapores).
* Permiten priorizar investigaciones donde el riesgo para la salud humana y el ambiente sea más alto.

Lineamientos nacionales sobre sustancias químicas y suelo

* Guías del MinAmbiente para evaluación y gestión del riesgo de COP y otras sustancias definen procedimientos aplicables a suelos.
* Integran etapas de identificación, caracterización de fuentes, evaluación de exposición y selección de medidas de manejo o remediación.
* Sirven de marco general que las autoridades regionales pueden adaptar en sus regulaciones locales sobre suelos contaminados.

Normas sobre degradación de tierras y desertificación

* Documentos del IDEAM establecen un "Procedimiento para el monitoreo-seguimiento de la degradación de tierras", que incluye indicadores de suelo.
* Se monitorean procesos como erosión, pérdida de materia orgánica, salinización y desertificación.
* Estos instrumentos se conectan con los compromisos de Colombia frente a la Convención de Desertificación.

Articulación con ordenamiento territorial

* Los resultados de estudios de suelos contaminados o degradados deben alimentar los POT y demás instrumentos de ordenamiento territorial.
* Cambios de uso del suelo (por ejemplo, de industrial a residencial) requieren evidencia científica sobre la ausencia o manejo del riesgo en suelos.
* La guía de Bogotá explicita la necesidad de evaluar riesgo antes de autorizar nuevos usos en grandes suelos urbanos.

Rol de las autoridades ambientales regionales

* Las CAR y autoridades urbanas pueden expedir actos administrativos para definir criterios locales de gestión de suelos y sitios contaminados.
* Se apoyan en guías nacionales, tratados internacionales y estándares de referencia de otros países cuando no hay valores nacionales específicos.
* Son responsables de exigir estudios de suelos en procesos de licenciamiento, seguimiento y cierre de actividades que puedan contaminar.

Manuales y guías complementarias

* Existen manuales de evaluación y gestión de riesgo de contaminantes elaborados para fortalecer capacidades técnicas de autoridades colombianas.
* Guías de evaluación de riesgo de sitios contaminados, utilizadas tanto por autoridades como por consultores ambientales.
* Documentos de cooperación internacional que adaptan metodologías de otros países (por ejemplo, Chile, UE) a la realidad colombiana.

Referentes internacionales usados como modelo

* Guías metodológicas de evaluación y gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes (SPPC) en otros países, como Chile, sirven de referencia técnica.
* Estas metodologías también usan fases de investigación preliminar, confirmatoria y de evaluación de riesgo, similares a las adoptadas en Bogotá.
* En ausencia de valores nacionales, se consultan niveles guía de países de la OCDE para definir criterios provisionales en proyectos específicos.

Enfoque de riesgo en lugar de solo "límites"

* Mientras la 2115 y la 631 se apoyan fuertemente en valores límite numéricos, las normas de suelos trabajan más con el concepto de "nivel de riesgo aceptable".
* Se evalúan exposición, toxicidad, sensibilidad de receptores y uso del suelo para decidir si un nivel de contaminación es aceptable o requiere intervención.
* Esto permite decisiones más flexibles, pero exige información y capacidades técnicas mayores.

Vacíos y retos normativos en suelos

* Falta una norma nacional única de "calidad de suelo por uso" análoga a la 2115 para agua de consumo.
* Se requiere armonizar criterios entre regiones y consolidar niveles guía nacionales por sustancia y tipo de uso del suelo.
* También es un reto fortalecer el monitoreo sistemático de suelos y la capacidad analítica para más sustancias criterio.

Tendencias y perspectivas

* La experiencia de Bogotá con la Resolución 02700 se perfila como modelo para que otras ciudades y eventualmente el nivel nacional desarrollen reglamentación específica para suelos.
* La agenda global sobre suelos urbanos, regeneración de áreas industriales y economía circular impulsa nuevas reglas sobre calidad y reutilización de suelos.
* El aumento del control sobre sustancias peligrosas (mercurio, COP, pesticidas) también presiona hacia criterios más claros de calidad de suelo.

Decretos clave

* Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente) compila y organiza la reglamentación ambiental, incluyendo disposiciones sobre uso del suelo, licenciamiento, pasivos ambientales y gestión de sustancias peligrosas que pueden contaminar suelos.
* Decretos de licenciamiento y gestión de pasivos se integran dentro del 1076 y sirven de marco para exigir estudios e intervenciones sobre suelos afectados en proyectos mineros, industriales y de infraestructura.

Resoluciones nacionales relacionadas con suelo

* Resolución 699 de 2021 (MinAmbiente): establece parámetros y valores límites máximos permisibles para vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas tratadas al suelo, funcionando como "equivalente" de vertimientos pero con el receptor suelo en vez de cuerpo de agua superficial.

* Otras resoluciones ambientales (p. ej. sobre desertificación y degradación de tierras) se refieren al deterioro de suelos por cambios de uso, minería, ganadería intensiva, deforestación, quemas, etc., y sustentan políticas y planes de manejo.

Resoluciones y actos distritales / locales

* Resolución 02700 de 2023 (Secretaría Distrital de Ambiente – Bogotá): adopta la "Metodología para la estandarización de criterios de investigación de contaminación en suelo y recursos asociados" y la "Guía para la evaluación de riesgo de sitios contaminados"; es la primera norma en Colombia que fija reglas claras para identificar suelos contaminados, evaluar el riesgo y definir rutas de descontaminación y niveles de referencia para autorizar nuevos usos.

* POT de Bogotá (Decreto 555 de 2021) exige pronunciamientos de la SDA sobre suelos potencialmente contaminados para cambios de uso, y resoluciones distritales como la 046 de 2022 desarrollan competencias para planes de remediación de suelos contaminados.

Guías técnicas asociadas (aunque no son resoluciones)

* "Guía para la Evaluación de Riesgo de Sitios Contaminados", adoptada mediante la Resolución 02700 de 2023 en Bogotá, se usa como referencia metodológica para suelos y recursos asociados (aguas subterráneas).
* Manuales de evaluación y gestión del riesgo de contaminantes (COP, sustancias peligrosas) del MinAmbiente también se aplican a suelos y pasivos ambientales, aunque no fijan límites numéricos de calidad de suelo.

Contexto: ¿por qué muestrear suelos?

* El suelo es un indicador integral de calidad ambiental, productividad agropecuaria y sostenibilidad del territorio.
* El análisis de suelo permite diagnosticar características físicas y químicas para tomar decisiones de uso, manejo y fertilización.
* Remediación de suelo contaminado
* Un buen muestreo garantiza que los resultados de laboratorio representen correctamente el lote o área estudiada.

Objetivos generales del muestreo de suelos

* Estimar la fertilidad y las limitantes del suelo (químicas y físicas) para formular recomendaciones de manejo.
* Detectar variaciones espaciales dentro de un mismo lote y definir áreas homogéneas de manejo.
* Generar información base para monitoreo, comparación en el tiempo y evaluación de impactos ambientales.

¿Cuándo se realiza el muestreo de suelos?

* Antes de establecer cultivos o renovar praderas, para ajustar planes de fertilización y enmiendas.
* Cuando se sospechan problemas de productividad, salinidad, compactación u otras limitantes del suelo.
* En proyectos de evaluación ambiental o reconversión de uso del suelo, como insumo para diagnósticos y seguimiento.
* Cuando representa un problema de salud pública

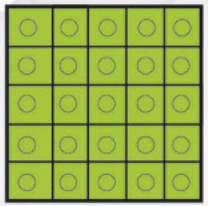
Definición de muestra compuesta

* Es una mezcla de varias submuestras tomadas en distintos sitios representativos de un lote, para obtener una información promedio de fertilidad.
* Se usa cuando el lote es relativamente homogéneo en color, textura, relieve y manejo.
* El objetivo es reducir costos de análisis obteniendo un valor medio para el área muestreada.

Cómo se distribuyen los puntos en muestra compuesta

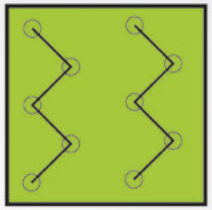
* En terrenos sin pendiente o con pendiente suave se recomiendan transectos paralelos formando una cuadrícula; se toman submuestras en cada punto marcado.
* En terrenos con pendientes pronunciadas se puede muestrear con un solo transecto a través de la pendiente o con varios transectos paralelos en cuadrícula.
* En cada punto se toma una porción de suelo y todas se mezclan en un balde limpio hasta obtener aproximadamente 1 kg de muestra compuesta.

SoilLink Strategies



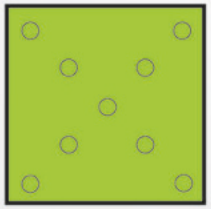
Cuadrícula

Ideal para terrenos grandes y homogéneos



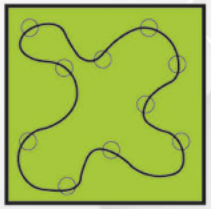
Zig - Zag

Adecuado para campos pequeños o con variabilidad moderada



Diagonal

Útil para una evaluación rápida o en campos con baja variabilidad



Sinuosa

Ideal para terrenos irregulares o con alta variabilidad

Cuándo usar muestra compuesta y sus ventajas

* Adecuada para lotes relativamente homogéneos donde se desea una recomendación general de fertilización.
* Reduce el número de análisis de laboratorio porque se procesa una muestra promedio por lote.
* Menos adecuada cuando se necesitan mapas detallados de variabilidad dentro del lote o cuando hay cambios fuertes de suelo en distancias cortas.

Muestreo aleatorio y en zigzag

* En el muestreo aleatorio las muestras (preferiblemente individuales) se recogen en lugares al azar dentro del terreno.
* Los puntos aleatorios se pueden generar con GPS o siguiendo un patrón de muestreo en zigzag.
* Permite evitar sesgos de selección y obtener una muestra estadísticamente más representativa.

Áreas homogéneas y diseño de cuadrícula

* Un área homogénea es aquella con similitud en color, textura, relieve y manejo, que produce resultados coherentes con la productividad del lote.
* Se puede establecer una red de cuadrícula rígida y tomar muestras en cada celda para analizar variaciones internas del lote.
* Este diseño es clave cuando se busca zonificar el terreno o construir mapas de variabilidad (por ejemplo, de textura o nutrientes).

Cuándo usar muestreo aleatorio / en cuadrícula

* Útil en estudios de detalle, agricultura de precisión y evaluación de variabilidad dentro de un mismo lote.
* Recomendado cuando se sospechan "manchas" de baja productividad o diferencias fuertes de manejo histórico.
* Incrementa el número de muestras y análisis, pero produce información más fina para segmentar recomendaciones.

Definición de muestra simple

* Es una muestra tomada a cada horizonte del suelo o a cada punto/celda de una cuadrícula, que se analiza por separado en el laboratorio.
* Representa las condiciones específicas de un lugar dentro del lote, sin mezclar con otras submuestras.
* Actualmente es el tipo de muestreo que más se impone cuando se requieren resultados puntuales y exactos.

Aplicación de la muestra simple

* Permite determinar variaciones en las condiciones del suelo dentro de un mismo lote (por ejemplo, diferencias de arena, limo y arcilla).
* Se usa para estudios detallados de fertilidad, textura, salinidad o compactación.
* Es la base para elaborar mapas temáticos (de textura, pH, materia orgánica, etc.) a partir de resultados por punto.

Cuándo preferir muestras simples

* Cuando se necesitan diagnósticos muy finos para agricultura de precisión o proyectos de investigación.
* En lotes con alta heterogeneidad, donde una muestra compuesta ocultaría diferencias importantes.
* Cuando se desea evaluar el efecto de prácticas localizadas (enmiendas, riegos, labranza diferenciada) sobre zonas específicas.

¿Qué es una muestra indisturbada?

* Es una muestra de suelo tomada sin modificar su estructura interna, conservando el arreglo de partículas y poros tal como está en campo.
* Se obtiene con barreno especial (Uhland) y anillos metálicos biselados.
* Es fundamental para realizar determinaciones físicas que dependen de la estructura original del suelo.

Barrena De Muestreo De Suelo



Para qué sirve la muestra indisturbada

* Permite medir densidad aparente, porosidad, curva de retención de humedad y conductividad hidráulica, entre otras propiedades físicas.
* Ayuda a evaluar problemas de compactación, infiltración y capacidad de almacenamiento de agua del suelo.
* Es clave para estudios de manejo de riego, drenaje y conservación de suelos.

Procedimiento básico de toma indisturbada

* Se inserta el anillo biselado en el barreno Uhland, con el bisel hacia abajo, y se introduce perpendicular al suelo con ayuda de martillo de goma.
* Se extrae cuidadosamente el barreno, se retira el anillo, se tapa por ambos lados sin comprimir la muestra y se recorta el exceso con navaja para que el volumen coincida exactamente con el cilindro.
* Se rotula el anillo con su número y datos de campo, y se transporta al laboratorio manteniendo la muestra protegida.

¿Qué se analiza normalmente en un suelo?

- Propiedades físicas:
  - textura (porcentaje de arena, limo y arcilla), densidad aparente y real, porosidad total, estabilidad de agregados, velocidad de infiltración y retención de humedad; estas determinan aireación, movimiento y almacenamiento de agua.
- Propiedades químicas:
  - pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na), azufre, micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, etc.) y capacidad de intercambio catiónico; permiten evaluar fertilidad, deficiencias y posibles toxicidades.
- Propiedades biológicas (cuando se requiere):
  - recuento de hongos, bacterias y actinomicetos u otros indicadores de actividad microbiana, para valorar la salud biológica del suelo, especialmente en estudios de impacto o manejo de enmiendas orgánicas.

Normas ISO/NTC de muestreo y pretratamiento de suelos

- ISO 18400-102 e ISO 18400-205: dan guías para técnicas de muestreo de suelos, selección y aplicación de equipos, toma de muestras disturbadas e indisturbadas y diseño de estrategias de muestreo en sitios naturales, agrícolas y cultivados.
- ISO 18400-104: establece estrategias generales para investigación de sitios y desarrollo de planes de muestreo de suelos, muy usada como marco para programas de monitoreo.
- NTC-ISO 11464 (Calidad del suelo. Pretratamiento de muestras para análisis fisicoquímicos): adopta la ISO 11464 en Colombia y define cómo secar, triturar, tamizar (<2 mm), dividir y moler las muestras de suelo antes del análisis.
- NTC 3656 (Muestreo de suelos para determinar contaminación): norma colombiana que establece metodologías de toma de muestras de suelo con fines de evaluación de contaminación, definiendo conceptos como unidad de muestreo, muestra simple y criterios de homogeneidad.

Normas NTC de calidad y ensayos de laboratorio en suelos

* NTC 5596 (Calidad de suelo. Determinación de la conductividad eléctrica): describe métodos conductimétricos para medir CE en suelos, clave para evaluar salinidad en agricultura y ambiente.
* NTC 4877 (Calidad de suelo. Guía sobre ensayos en laboratorio para la biodegradación de químicos orgánicos en condiciones aeróbicas): orienta pruebas de biodegradación de contaminantes orgánicos en suelos.
* Otras NTC de suelos (por ejemplo, NTC 1504 de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería) se enfocan más en propiedades geotécnicas, pero complementan el análisis ambiental al clasificar el tipo de suelo mediante granulometría y límites de Atterberg.
* Estas normas se usan junto con guías nacionales (como la GU.0130.09 de CVC) para asegurar que el muestreo, pretratamiento y análisis de suelos sean trazables y comparables entre laboratorios.