



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

Carrera de Geología

Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo

Universidad Nacional de Tucumán

Programa Analítico

Asignatura: *HIDROGEOLOGIA AMBIENTAL*
(Electiva 4: 60 hs)

Curso: 5° año Cuatrimestre: 2do. Cuatrimestre.

Profesor Responsable: *Dr. Jorge Walter García*

Año: 2021



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

EQUIPO DE CATEDRA:

Dr. Jorge W. García - Profesor Adjunto (Concurso-DE).

Geol. Carlos H. D`Urso – Jefe Trabajos Prácticos (Concurso-DE).

Dr. Carlos M. Falcón - Profesor Adjunto (Concurso-DE).

Geol. Graciela V. Rodríguez – Jefe Trabajos Prácticos (Concurso-DE).

Contenidos Mínimos: Hidrogeología Ambiental. Hidrogeoquímica. Contaminación de acuíferos. Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación. Redes de Monitoreo de Aguas Subterráneas.

Carga Horaria Total: 60 Hs.

Fundamentación:

La ciencia natural que estudia el agua en la hidrósfera y los fenómenos hídricos que en ella se producen es la Hidrología. La concepción más amplia la define como la ciencia que estudia las aguas terrestres, su origen, movimiento y distribución en el planeta, sus propiedades físicas y químicas y su interacción con el medio físico, y los seres vivos. En un sentido estricto puede definirse como la ciencia que estudia el ciclo del agua en la naturaleza, sus procesos y componentes y su interacción con las actividades humanas.

El muy conocido que el agua un recurso esencial para el desarrollo de la vida y las actividades humanas. El crecimiento demográfico y la expansión agrícola e industrial en los últimos decenios, ha sometido a este recurso a un uso intensivo en muchas áreas del planeta, que ha conducido a un deterioro progresivo de la calidad físico-química y bacteriológica de las aguas superficiales en general y de las subterráneas en menor medida.

El cuidado y preservación de este recurso se debe basar en el conocimiento sobre los procesos que intervienen en su movilidad, yacencia y calidad, como así también sobre las variables que influyen en las modificaciones o cambios de calidad natural.

En este contexto también es importante conocer cuáles son los factores ambientales provocados por las actividades humanas y cuales son naturales, y los efectos que cada uno causan en el agua.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

Es una ciencia muy moderna de tipo interdisciplinar que se relaciona con las ciencias de la atmósfera, del mar y de la tierra. Las disciplinas científicas que aborda en sus contenidos son la química, la física, la geología, la hidrología y la ecología entre otras.

Como proyecto educativo se pretende dar un enfoque moderno a la enseñanza de la Hidrología Subterránea, abordando sus objetivos desde una perspectiva científico-ambiental.

La propuesta pretende formar a un geólogo moderno comprometido con el cuidado del medio ambiente con sólida formación científico-técnica que sea capaz, entre otras competencias, de evaluar y planificar proyectos de gestión hídrica que incluyan la sustentabilidad del recurso subterráneo.

La asignatura está organizada en torno a los siguientes objetivos generales:

- A. Capacitar al estudiante en el análisis e interpretación geoquímica del ciclo hidrológico y sus relaciones con las actividades humanas.
- B. Enseñar los métodos y capacitar en el uso de instrumentos requeridos para estimar y evaluar los procesos hidrogeoquímicos e hidrogeológicos que intervienen en los casos de polución y contaminación hídrica.
- C. Capacitar al alumno para el manejo, preservación y gestión de los recursos hídricos subterráneos.
- D. Incentivar al alumno para estudiar casos de actualidad que afectan a la salud del hombre de la región, para desarrollar una formación comprometida con las necesidades de la comunidad que brinde soluciones.
- E. Promover y desarrollar el estudio científico y técnico, que le permita al alumno trabajar idóneamente en equipos interdisciplinarios.

Algunos de los recursos didácticos que se utilizarán para el aprendizaje son entre otros:

- cartas topográficas, fotografías aéreas e imágenes satelitales como documentos de base
- Registros instrumentales de variables hidrológicas, hidrotequímicas e hidrogeológicas.
- Instrumental específico (conductímetro, phmetro, piezómetros, equipo de SEV, equipo de perfilaje eléctrico, etc.)

Articulación con las materias del mismo año

Esta asignatura se articula verticalmente con Hidrogeología y Geoquímica con las que comparte el año de dictado, aunque estas se dictan en el primer cuatrimestre. Se articula parcialmente horizontalmente con las materias anuales de Paleontología y Yacimientos Minerales.

De todas estas materias de cuarto año, las dos materias que tienen afinidad temática con **hidrogeología ambiental** son, **geoquímica** y **yacimientos minerales**, por la importancia que tiene evaluar la mineralogía y la petrología del área de las cuencas para caracterizar químicamente las aguas subterráneas y definir casos de contaminación natural o provocada y diseñar proyectos para solucionar dichos problemas.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

Relación de la asignatura con el perfil profesional esperado:

El aprendizaje de los conceptos y técnicas utilizados en hidrogeoquímica le brindará al futuro profesional amplias capacidades para el diagnóstico, planificación y monitoreo de los recursos naturales a escala local y regional. De esta manera se le verán facilitadas y mejoradas las acciones vinculadas con:

- La formación especializada en el manejo de los recursos hídricos subterráneos y su preservación.
- El desarrollo de un espíritu crítico y un pensamiento claro sobre la importancia planetaria del agua, en la naturaleza y en la vida humana.
- Un sólido perfil científico y técnico, que le permita comprometerse con la comunidad y trabajar idóneamente en equipos interdisciplinarios, para indagar y resolver problemáticas hidroambientales en sus áreas de residencia.
- La formulación, evaluación, supervisión y ejecución de planes y proyectos de gestión, investigación y extensión sobre manejo sustentable de los recursos hídricos.
- El asesoramiento en el diseño, evaluación e implementación de políticas de ordenamiento territorial para el desarrollo rural sostenible.

Objetivos Generales:

- Reconocer a la hidrogeología como una ciencia que trata un aspecto importante y vital del medio ambiente “el agua”.
- Incorporar los conocimientos básicos relacionados con los fenómenos hidrológicos e hidrogeoquímicos, sus metodologías y técnicas para su análisis y evaluación con el fin de aplicarlos al manejo de cuencas hídricas.
- El objetivo principal es que el alumno conozca como evaluara la calidad del agua subterránea así como sus distribuciones en el espacio y en el tiempo.
- Analice los parámetros que constituyen el ciclo hidrogeoquímico, comprenda su importancia para el estudio de la calidad de las aguas de una cuenca.
- Que a través del análisis de los diferentes métodos de monitoreo y control ambiental de pozos y cauces superficiales pueda determinar el diseño adecuado para la preservación del recurso y/o mitigación de algún problema ambiental.
- Evaluar la calidad y disponibilidad de las aguas superficiales y subterráneas de una región a fin de hacer un aprovechamiento sustentable de los mismos.
- Presentar y analizar proyectos de investigación científica que den como resultado la proposición e implementación de alternativas de solución a los problemas de exploración y manejo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Comprender los aspectos ambientales vinculados a procesos hidrogeológicos; caracterización, predicción y corrección de efectos producidos por el mal manejo del



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

agua subterránea (descenso de niveles piezométricos por sobreexplotación y/o sobrebombeo, salinización de suelos, salinización y/o contaminación de pozos, etc.)

- Conocer las regiones hidrogeoquímicas argentinas y evaluar su potencialidad en cuanto a calidades y usos, en cada caso.

Contenidos de la Asignatura

Programa teórico (60 Hs):

Unidad 1-HIDROGEOLOGIA AMBIENTAL: Definición - Relación con otras disciplinas -El agua en el mundo, en Argentina y en Tucumán -Explotación de Aguas Subterráneas. Problemas derivados. **CICLO HIDROGEOQUIMICO:** -Relación con el ciclo hidrológico –Fase superficial – Fase subterránea -Análisis químicos -Iones mayoritarios, minoritarios y trazas .

Unidad 2 -CONTAMINACION DEL AGUA SUBTERRANEA: -Polución y Contaminación –Tipos - Natural ó Provocada – Puntual o Difusa - Agrícola, Ganadera, Industrial ó Doméstica –Pluma contaminante -Normas de Calidad según su Uso.

Unidad 3 –VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUIFEROS: -Vulnerabilidad - Definiciones –Metodologías –DIOS –DRASTIC –Variables en cada caso –Riesgo de Contaminación. (Trabajo Práctico Nº 1).

Unidad 4 – CASOS DE CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: -Por intrusión marina -Por Nitratos –Por Arsénico –Por Flúor –Por Metales Pesados - Por bacterias –Ejemplos en Tucumán y Argentina (Trabajo Práctico Nº 2 y 4).

Unidad 5- MONITOREO AMBIENTAL DEL AGUA SUBTERRANEA: -Redes de monitoreo – Pozos de Monitoreo – Variables medibles – Aparatos o medidores –Muestreos –Muestreadores – Análisis físicos-químicos y bacteriológicos – Estudios Hidrogeológicos Ambientales -Areas de Protección –Mantenimiento de Pozos (Trabajo Práctico Nº 3 y 5).

CONTENIDO DE LA PARTE PRÁCTICA:

T.P.Nº 1- CONTAMINACION DEL AGUA SUBTERRÁNEA: –Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación - Casos de estudio: Repositorio de Residuos Solidos Urbanos

T.P.Nº 2- CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: –Perímetros de protección de pozos – Cálculo de la pluma de contaminación.

Actividades de Laboratorio o Campo



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

PRACTICA DE CAMPO: T.P. Nº 3 – MONITOREO AMBIENTAL DEL AGUA SUBTERRANEA: -Análisis de protocolos de monitoreo –Normas de Protección -Construcción de un pozo freático de monitoreo. En el Parque 9 de Julio de Tucumán.

PRACTICA DE CAMPO: T.P. Nº 4 - Visita al Área del Gran San Miguel de Tucumán. Para ver casos de sobre-bombeo y sobre-explotación de acuíferos y casos con problemas hidrogeológicos: El Manantial, Canteras de áridos de San Javier, Salinas el Timbó, etc. Carga horaria: 10 hs.

Distribución de la Carga Horaria

ACTIVIDAD	HORAS
Clases teóricas	20
Clases prácticas	20
Practica de campo	20
TOTAL DE LA CARGA HORARIA	60

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

Las evaluaciones serán programadas a medida que avance el dictado de la materia. Las clases serán teóricas (una por semana) y prácticas (una por semana).

Las evaluaciones semanales versarán sobre temas teórico-prácticos desarrollados en dicho período. Dichas evaluaciones se tomarán por escrito durante las clases prácticas. Las pruebas consistirán en un cuestionario de preguntas que el alumno deberá responder por escrito. Para aprobar el práctico correspondiente el alumno deberá tener aprobado el cuestionario escrito con un 50 % como mínimo y resuelto el ejercicio correspondiente al práctico dado.

Condiciones de regularidad:

Para regularizar la materia el alumno deberá tener una asistencia y aprobación en el 70 % de los trabajos prácticos, como mínimo. Si el alumno tiene menos del 70 % de prácticos aprobados hasta un 50 %, podrá recuperar trabajos prácticos hasta alcanzar el porcentaje requerido. Si el alumno tiene menos del 50 % de prácticos aprobados quedará libre.

Condiciones de aprobación

Los **alumnos regulares** podrán rendir el examen final de la materia en las mesas siguientes a la finalización del dictado de la materia. El examen consistirá en una evaluación oral ante un tribunal examinador, sobre temas del programa teórico de la materia.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO
Departamento de Geología

Los **alumnos libres** deberán rendir, previo al examen final, una evaluación escrita de los temas del programa teórico-práctico de la materia. Esta evaluación se aprueba con el 50 % del cuestionario. Una vez aprobada esta instancia recién accederán a la evaluación oral de la mesa examinadora de la materia.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Articulación Horizontal

Se articula parcialmente horizontalmente con las materias de 5to año como Geología Ambiental y Geología de Recursos Energéticos y Mineros.

Articulación Vertical:

Esta asignatura se articula verticalmente con Hidrogeología y Geoquímica con las que comparte conocimientos, aunque estas se dictan en diferentes años.

De todas estas materias de cuarto año, las dos materias que tienen afinidad temática con **hidrogeología ambiental** son, pedología y geotecnia, por la importancia que tiene evaluar los suelos y sus propiedades físicas para caracterizar químicamente las aguas subterráneas y definir casos de contaminación natural o provocada y diseñar proyectos para solucionar dichos problemas.

Método de Enseñanza:

Consistirá en clases teóricas con exposición oral por parte de los profesores donde se explicitarán los temas de las unidades, con el apoyo de material didáctico, power point, filminas, gráficos y mapas. Debido a lo aplicado de la materia se podrá ejemplificar lo desarrollado con la resolución de ejercicios prácticos y problemas, para lograr una mejor comprensión por parte de los alumnos. Cada tema teórico tendrá se complementará con una clase práctica, donde se realizará un trabajo práctico específico, donde el alumno resolverá ejercicios o problemas concretos sobre dicho tema, con datos aportados por los profesores, con el apoyo de bibliografía específica del tema.

Los temas teóricos y/o prácticos que tengan relevancia para el aprendizaje del alumno, podrán complementarse con salidas de campaña, para aplicar lo aprendido, realizando mediciones “insitu” o para observar tareas inherentes a nuestra disciplina.

Evaluación (Método, Tipos y Criterios):

Las evaluaciones serán programadas a medida que avance el dictado de la materia. Las clases serán teóricas (una por semana) y prácticas (una por semana).

Las evaluaciones semanales versarán sobre temas teórico-prácticos desarrollados en dicho período. Dichas evaluaciones se tomarán por escrito durante las clases prácticas. Las pruebas



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO
Departamento de Geología

consistirán en un cuestionario de preguntas que el alumno deberá responder por escrito. Para aprobar el práctico correspondiente el alumno deberá tener aprobado el cuestionario escrito con un 50 % como mínimo y resuelto el ejercicio correspondiente al práctico dado.

Régimen de Aprobación:

Para aprobar la materia el alumno deberá tener una asistencia y aprobación en el 70 % de los trabajos prácticos, como mínimo. Si el alumno tiene menos del 70 % de prácticos aprobados hasta un 50 %, podrá recuperar trabajos prácticos hasta alcanzar el porcentaje requerido. Si el alumno tiene menos del 50 % de prácticos aprobados quedará libre.

La materia es promocional mediante una evaluación final, que será escrita y consistirá en un cuestionario de preguntas sobre los temas teóricos y prácticos desarrollados a lo largo de la materia. Para promocionar el alumno deberá tener aprobado el cuestionario con un puntaje igual o superior al 70 %. Si tuviera entre 50 y 70 % del puntaje ideal podrá recuperar la prueba final escrita. Si aprueba con el 70 % promocionará la materia, si no deberá recursar el año siguiente.

Dr. Jorge W. García

Bibliografía

- **American Water Works Association (AWWA) (1984).** Standard for Water Wells. A 100-84. Denver, CO. 75 p.
- **Campos Aranda D. F. (1992).** Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. Ed. Universitaria Potosina.
- **Castany, G. (1971).** Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas - Ed. Omega - Barcelona España.
- **Código Alimentario Argentino (1994).** Resolución Nº 494/94. Boletín Oficial Nº 27.932, 1ra. Sección. Art. 982 Modificado. Normas de Potabilidad de Aguas Potables para la República Argentina. Disposiciones de la Ley Nº 18284.
- **Custodio, E. y Llamas, M. R.- (1976).** Hidrología Subterránea. – Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona España
- **Custodio, E. y M. R. Llamas- (1983).** Hidrología Subterránea. - Tomo I y II. Ed. Omega, Barcelona España. 2ra. Edición
- **Custodio, E. y M. R. Llamas- (1996).** Hidrología Subterránea. - Tomo I y II.. Ed. Omega, Barcelona España. 2ra. Edición corregida.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO
Departamento de Geología

- **Driscoll, Fletcher G. (1986).** Groundwater and Well. 3ra. Edit. Johnson Filtration Systems Inc. Saint Paul, Minnessota. EUA.
- **Escuder, Roser; Fraile, Joseph; Jordana, Salvador; Ribera, Fidel; Sánchez, Vila Y Vazquez Suñé, Enric. (2009).** Hidrogeología. Conceptos Básicos de Hidrología Subterránea. Editores Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS). Primera Edición. Barcelona (España).
- **Foster, S. S. D. (1987).** Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. Vulnerability of soil and grandwater to pollutants. TNO/RIVM, Proceedings and information 38, The Hague 69-86.
- **Foster, S. S. D. e Hirata, R. (1991).** Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas. Una Metodología basada en Datos Existentes. CEPIS-OMS-OPS. Lima, Perú.
- **Foster, S. S. D.; Hirata, R. (1998).** Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO - PAHO/CEPIS. Lima, Perú: 1-78.
- **Johnson (1975).** El Agua Subterránea y los Pozos. 1ra. Edit. Johnson División, VOP Inc. Saint Paul, Minnessota. EEUU.
- **Johnson (1986)** 2da. Edit. (Ver Driscoll Fletcher, F.G).
- **Langelier, W. E. (1944).** Discussion of A Grafic Procedure in the Interpretation of Water Analyses; by Piper, A. M Am Geophys. Union Trans. V(25):925-927.
- **Lohman, S. (1977).** Hidráulica Subterránea. Ed. Ariel – Barcelona – España. Lhon, P. (1970) – Calidad del Agua para Riego – Su Clasificación. Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.) – Plan de Aguas Subterráneas. Buenos Aires.
- **Piper, A. M (1944).** A Graphic Procedure in The Geochemical Interpretation of Water Analyses. American Geophys. Union Transactions V(25):914-923. Washington (USA).
- **Piper, A. ; Hill, A. y Langelier, J. (1953).** Diagrama para la representación de análisis químicos de aguas. En Custodio y Llamas (1983). Hidrología Subterránea. Tomo I. 1060 pp. Madrid (España).
- **Riverside (1954).** Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. United State Soil Salinity Laboratory (USSSL). U.S. Dept. of Agriculture. Handboock 60, 160 p. USA.
- **Rodier, J. (1981).** Análisis de las Aguas Subterráneas. Ed. Omega, Barcelona – España.
- **Stiff, H. A. (1951).** The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns. Journal of Petrol. Tech. Vol. 3. Nº 10. Sector 1, 2 y 3. 15 pp. Octubre.
- **Vilela, C. R. (1970).** Hidrogeología. Public. Opera Lilloana XVIII. Fundac. e Inst. M. Lillo UNT. Tucumán.
- **Volpez, L. (1986).** Recomendaciones Generales sobre Calidad de Agua para Consumo Humano: Aguas Subterráneas. Revista Agua. Nº 33 (20-49).
- **Wilcok, L. V. (1955).** Classification and Use of Irrigation Water. Departament of Agriculture. Circular Nº 969. 19 p. USA.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

- **American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Pollution Control Federation (WPCF). (1992).** Métodos normalizados para el análisis para aguas potables y residuales. Trad. del Inglés, Ed. Díaz de Santos, Barcelona, 760 p.
- **American Water Works Association (AWWA) (1984).** Standard for Water Wells. A 100-84. Denver, CO. 75 p.
- **Besuschio, S. C., Pérez Desanzo, A. C. y Crocci, M (1980).** Epidemiological Associations Between Arsenic and Cancer in Argentina. Biolog. Trace Element Res., v. 3, p. 41-55.
- **Bonel, J. y Gassi, H (1982).** Calidad del Agua para bebida en Ganado Bovino. Informe Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Marcos Juárez, Córdoba
- **Chadelle F. H. (1992).** Ground Water Microbiology And Geochemistry. Ed. John Wiley And Sons, INC (EVA).
- **Falcón, Carlos M. (2004).** Hidrogeología del Extremo Sudoriental de la Sierra de La Ramada y Llanura Adyacente, Provincias de Tucumán y Santiago Del Estero. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo - Universidad Nacional de Tucumán. Inédito
- **García, Jorge W. (2005).** Hidrogeología de la Cuenca del Río Gastona, Departamento Chicligasta, provincia de Tucumán. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo - Universidad Nacional de Tucumán. Inédito.
- **García, J.; D'Urso, C.; Falcón, C. y Rodríguez, G. (2009).** Guía de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Hidrogeología (2ra Edición), Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L.-UNT. 168 pp. San Miguel de Tucumán (Tucumán).
- **Konzewitsch, N. (1967).** Estudio de las Clasificaciones Propuestas para Aguas Naturales según su Composición Química. Empresa Agua y Energía Eléctrica, Secretaría de Estado de Energía y Minería. División Recursos Hídricos. Buenos Aires, pp. 108.
- **Krauscopf, K. B. (1983).** Introduction of Geochemistry. 2º Ed. MacGraw Hill, Inc. Langelier, W. E. y Ludwig, H. F. (1942) – Grafical Methods for Indicating the Mineral Character of Natural Water. American Water Works Assoc. Jour. V(34):335-352.
- **Rodier, J. (1981).** Análisis de las Aguas Subterráneas. Ed. Omega, Barcelona – España.
- **Ruiz Huidobro, O. y Sosic, M. (1980).** Aguas Subterráneas de la República Argentina. IIº Simposio Geol. Reg. Arg. T (II):1641- 1691. Córdoba.
- **Smedley, P. L., Edmunds, W. M y Pelig-Ba, K. B. (1996).** Mobility of arsenic in groundwater in the Obuasi gold-mining area of Ghana: some implications for human health. En: J.D. Appleton, R. Fuge y G.J.H. McCall (Eds), Environmental Geochemistry and Health, Geological Society Sp. Publication Nº 113:163-181.
- **Smith, A. H., Hopenhayn-Rich, H., Bates, MN.; Goeden, H.M; Hertz-Piccioto, I.; Duggan, H.M; Wood, R. ; Kosnet, MJ. y Smith, V. (1992).** Cancer risks from arsenic in drinking water. Environ. Health Perspect., v. 97, p. 259-267.
- **Stiff, H. A. (1951).** The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns. Journal of Petrol. Tech. Vol. 3. Nº 10. Sector 1, 2 y 3. 15 pp. Octubre.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

- **Stappenbeck, R. (1914).** Reseña Hidrogeológica de la Parte Meridional de la Provincia de Tucumán. Bol. del Min. de Agricultura de la Nación Nº 17, pág. 430 - 434. Bs. As.
- **Stappenbeck, R. (1915).** Las Aguas Subterráneas del Sur de la Provincia de Tucumán. Informe Oficial Biblioteca Casa de Gobierno Tucumán. Nº 17 (publicación especial. 22 - 9)
- **Stapenbeck (1921).** Estudios Geológicos e Hidrogeológicos en la Zona Subandina de la Provincia de Salta y Tucumán.
- **Stappenbeck. (1926).** Geología y Aguas Subterráneas de la Pampa, Argentina. Public. Orig. Stuttgart (Alemania), Traduc. por T. O'Connor y Public. por Edic. PANGEA en 1969, Córdoba (Argentina).
- **Tineo, A. (1983).** La Geología de las Sierras de Ancasti. Capítulo de Hidrogeología.
- **Tineo, A., et al. (1984).** Hidrogeología. Libro Geología de Tucumán. Publicación Especial Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. Primera Edición.
- **Tineo, A.; Falcón, C.; García, J.; D'Urso, C.; Galindo, G. y Rodríguez, G., (1999).** Hidrogeología de la Provincia de Tucumán. Relatorio, XIV Congreso Geológico Argentino. Geología del Noroeste, Tomo (II): 37 - 47.
- **Tineo, A.; Falcón, C.; García, J.; D'Urso, C.; Galindo, G. y Rodríguez, G. (1999).** Hidrogeología. Libro Geología de Tucumán. Publicación Especial Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. Segunda Edición.
- **Tineo, A.; García, J.; Falcón, C.; D'Urso, C., Rodríguez, G. y Galindo, G., (1999).** Hidrogeología de la Provincia de Catamarca. Relatorio, XIV Congreso Geológico Argentino. Geología del Noroeste, Tomo (II): 48 - 64.
- **Tineo, A.; García, J.; D'Urso, C.; Falcón, C. y Rodríguez, G. (2001).** Guía de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Hidrogeología (1ra Edición), Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L.-UNT. 168 pp. San Miguel de Tucumán (Tucumán).
- **United State Environmental Protection Agency (USEPA) (1982).** Maximum contaminant levels (subpart B of part 141, National interim primary drinking-water regulations). U.S. Code of Federal Regulations, Title 40, Part 100 to 149, Revised as of July 1, 1982, p. 315-318.
- **United State Environmental Protection Agency (USEPA) (1993a)** - Subsurface Characterization and Monitoring Techniques. A Desk Reference Guide Volume I: Solids and Ground Water, Appendices A and B. EPA/625/R-93/003a.
- **United State Environmental Protection Agency (USEPA) (1993b).** Subsurface Characterization and Monitoring Techniques. A Desk Reference Guide Volume II: The Vadose Zone, Field Screening and Analytical Methods, Appendices C and D. EPA/625/R-93/003 b.
- **United State Environmental Protection Agency (USEPA) (1999).** Current Drinking Water Standards, National Primary and Secondary Drinking Water Regulations. EPA, Office of Ground Water and Drinking Water, 9 p.
- **United State Geological Survey (USGS) (1979).** Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments. En: MW. Skougstad, MJ. Fishman, L.C.



Universidad Nacional de Tucumán

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INSTITUTO MIGUEL LILLO

Departamento de Geología

- Friedman, D.E. Erdmann, y S.S. Duncan (eds.), U.S. Geol. Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 5, chapter A1, 626 p.
- **Volpez, L. (1986).** Recomendaciones Generales sobre Calidad de Agua para Consumo Humano: Aguas Subterráneas. Revista Agua. Nº 33 (20-49).
 - **Water Reuse. (1984).** Selected reports on water reuse in urban and rural areas.
 - **Weber, Walter J. (1979).** Control de la Calidad de Agua. Procesos Físicos – Químicos Ed. Reverte S.A. España.
 - **Wood, W. W. (1976).** Guidelines for collection and field analysis of groundwater samples for selected unstable constituents. U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 1, chapter D 2, 24 p.
 - **World Health Organisation (W.H.O.) (1981).** Environmental Health Criteria 18: Arsenic. World Health Organisation, Geneva.
 - **World Health Organisation (W.H.O.) (1993).** Guidelines for drinking-water quality. Volume I: Recommendations. Second edition, World Health Organisation, Geneva.
 - **Wood, W. W. (1976).** Guidelines for collection and field analysis of groundwater samples for selected unstable constituents. U. S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Book 1, chapter D 2, 24 p.

Dr. Jorge W. García