

3. LA HIDROLOGÍA EN EL PERÚ



LA HIDROLOGÍA EN EL PERÚ

3.1. Antecedentes

El aprovechamiento de limitados recursos de agua en zonas desérticas dio origen a las "Culturas Hidráulicas" caracterizadas por lo siguiente: (a) Una sólida organización encargada de distribuir el agua y conservar los sistemas hidráulicos; (b) Regulaciones esenciales para el buen funcionamiento de la organización; (c) Una autoridad para supervisar el cumplimiento de las obligaciones y resolver conflictos (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2008b). Cuando la organización, las regulaciones y la autoridad fallaron, las culturas hidráulicas entraron en decadencia. El Perú tiene una larga tradición en el riego como base de la actividad agraria y que, además, fue sustento de la sociedad andina. Los antiguos pobladores de la costa realizaron grandes obras de ingeniería para aprovechar los escasos recursos hídricos disponibles. Asimismo, crearon una fuerte y centralizada organización que giraba en torno al riego.

En el Periodo Formativo, 3000 años A.C., la cultura Chavín inicia el riego con pequeños canales. En el Periodo Floreciente, 100 años A.C., la cultura Mochica emprende un vasto sistema de riego que se extendió entre Lambayeque y Nepeña. Su apogeo se sitúa entre los siglos III y IX de nuestra era. El "Canal La Cumbre" (110 km de longitud), el "Acueducto Ascope" —ambos en Chicama— y la represa San José son las obras más importantes (MINAGRI, 2008b). La cultura Nazca (100 A.C.) construyó los famosos acueductos subterráneos en el mismo cauce del río, con la intención de recolectar el agua del subsuelo y utilizarla en el periodo de estiaje. Los túneles, muchos con más de 1 km de longitud, tienen aberturas ("ojos") para realizar el mantenimiento.

En el Periodo Tardío, floreció la cultura Chimú (siglos VIII y IX), ocupando una larga faja de la costa (Olmos-Pativilca). Ellos irrigaron los intervalles por medio de grandes canales, al estilo egipcio, para aprovechar al máximo las aguas de las avenidas. "Pabur" (Piura), "Raca Rumi" y "Cucureque" (Lambayeque) son sus canales de riego más importantes. En el Periodo Inca (siglos XII al XIV) se continúa el aprovechamiento de las tierras del desierto, así también, se impulsa el desarrollo de las laderas y de las quebradas de los cerros en la sierra, a través de la construcción de andenes. Aprovechan al máximo el agua evitando su desperdicio y mal uso; de allí que existiesen penas muy severas para quienes alteraran el reparto. La limpieza anual de los canales fue una tarea obligatoria; el

curaca o cacique era el responsable en la organización de estas labores, acompañado por el "varayoc" o alcalde. Algunos historiadores consideran, además, una superficie cultivada en la costa (siglos XIII-XIV) con más de 700,000 ha, cuyos cultivos sembrados habitualmente fueron: maíz, algodón nativo, pallar, frijol... por ser de bajo consumo de agua (MINAGRI, 2008a).

En el Perú colonial (siglos XV-XVIII), la agricultura fue reemplazada por la actividad minera. El área de cultivo solo alcanzó unas 300,000 ha. El proceso de despoblación indígena, las guerras pizarristas, las "mitas" y la viruela contribuyeron a esta decadencia. Durante este periodo se destacaron disposiciones en torno al aprovechamiento y administración de las aguas como la Real Cédula del 20 de noviembre de 1536, dada por el emperador Carlos V, la cual ordenaba que los españoles se repartieran el agua de acuerdo a los "usos y costumbres" de los indios y respetando sus derechos; el Reglamento de Antonio de Saavedra, Deán de la Catedral de Trujillo (1660); y, el Reglamento de Cerdán (1793), Juez de Aguas y Oidor de la Audiencia.

A comienzos del siglo XX, Periodo Republicano, el Estado toma mayor interés en las obras de irrigación; por ende, se crea los siguientes organismos: Ingenieros de Minas y Aguas (1904), y el Servicio Hidrológico (1911). Asimismo, se contratan los servicios del Ing. Charles Sutton (1914), pionero de las irrigaciones, y se obtiene el primer préstamo para la ejecución de obras de irrigación.

En el segundo gobierno de Leguía (1919-30) se da comienzo a una política de irrigaciones, ejecutándose pequeños proyectos de riego y diversos estudios de irrigación (Olmos). En 1930 se crea la Dirección de Aguas e Irrigación, encargada de los estudios y ejecución de obras de regadío.

En 1945-48, se elaboró el Plan Nacional de Irrigación y Mejoramiento de Riego. Entre 1948 y 1956, el peso de las inversiones públicas alcanzó niveles sin precedentes: 50% respecto al total de la inversión pública de 1952. Se destacan las obras de derivación del río Quiroz al río Piura y la del Chotano al río Chancay-Lambayeque. De 1956 a 1968, se ejecuta la irrigación La Joya, las presas de San Lorenzo y Tinajones, iniciándose simultáneamente la ejecución de pequeños y medianos proyectos de irrigación. A partir de 1970 se da impulso a la construcción de los Grandes Proyectos hidráulicos, ubicados en su mayoría en la costa (MINAGRI, 2008b).

Los primeros estudios de planificación para el desarrollo de proyectos con sistemas de riego presurizado se realizaron en el país en la década del 60; el

Ministerio de Agricultura, en convenio con la Misión Técnica OEA-Israel, elaboró el estudio "Planificación de la Colonización del Proyecto La Joya", planteando conceptos y criterios de planificación hidráulica que sirvieron como lineamientos básicos para la elaboración de los estudios de los proyectos de Costa, especialmente los proyectos Majes, Chavimochic y otros.

Actualmente, existen en el país superficies regadas con sistemas presurizados que en su mayoría fueron desarrollados en la costa, específicamente en los departamentos de Ica (Pampas de Villacuri y valle de Ica, por iniciativa privada), Arequipa (Proyecto Majes y La Joya), en Tacna (La Yarada), y en La Libertad (Proyecto Chavimochic, valles de Chao, Virú y Moche) en donde se están sembrando cultivos para la exportación como el espárrago, el ají paprika, los árboles frutales (olivo, vid, cítricos), las hortalizas y las menestras (MINAGRI, 2008a). El crecimiento poblacional en la sierra del Perú viene generando la incorporación de terrenos agrícolas antes considerados de rotación, los cuales generalmente tienen pendientes pronunciadas que limitan el riego por gravedad y el uso de maquinaria. Por otra parte, las fuentes hídricas vienen sufriendo la progresiva disminución de sus caudales; hecho que genera conflictos por el uso del agua y la necesidad de utilizar, tanto para la conducción y la aplicación, mecanismos ahorradores de este recurso hídrico. Estas dos razones fundamentales hacen que muchas instituciones estén implementando sistemas de riego por aspersión y goteo.

3.2. El Manejo del Agua en el Perú

En la actualidad se da mayor importancia a los proyectos para la utilización de los recursos hidrológicos como sistemas coordinados; en consecuencia, los ingenieros civiles, los geólogos, los agrónomos y los ingenieros hidrólogos, entre otros, ocupados en tareas de planificación y preparación de proyectos, ya no trabajan aisladamente. Durante la fase de planificación es imprescindible organizar equipos en que, además de los ingenieros y otros científicos, colaboren sociólogos, geógrafos, economistas, especialistas de sociopolítica y representantes de las autoridades de planificación rural y urbana. Aun en cuanto a los aspectos técnicos de su tarea se refiere, el ingeniero trabaja como parte de un equipo que puede incluir físicos, matemáticos, meteorólogos, biólogos y economistas. Es regla general que el ingeniero especializado en cuestiones hidrológicas represente el papel principal ejerciendo la función de coordinador del proyecto.

Durante el siglo pasado, el gobierno peruano ha sido la máxima autoridad en lo que se refiere al manejo de los recursos hídricos, así también el principal

inversor en infraestructura hidráulica. El desarrollo hidráulico se centró en la construcción de infraestructura como presas y regadíos con el fin de hacer frente a la creciente demanda de agua de una población y un sector de agricultura en expansión, especialmente en la costa. Por ejemplo, en los años 50 y 60, se construyeron en la región norte las presas San Lorenzo y Tinajones, las más grandes del Perú. En los años 70, se continuó con el desarrollo de infraestructura hidráulica en la costa (MINAGRI, 2008a). En las zonas de la sierra y el Amazonas, los recursos hídricos han sido tradicionalmente gestionados mediante asociaciones informales de usuarios y los comités de regantes, quienes controlan las rudimentarias infraestructuras hidráulicas. El gobierno peruano ha tenido una presencia insuficiente en la zona, así como pocas inversiones estatales o internacionales.

Así pues, a comienzos del siglo XXI, Perú posee una zona costera con numerosa infraestructura hidráulica controlada por Juntas de Usuarios, estructuradas y desarrolladas. En la sierra y el Amazonas, con tierras de cultivos dispersas y de menos de una hectárea, la implantación de Juntas de Usuarios es un proceso aún en vías de implementación. Los comités de regantes siguen siendo un actor importante en la gestión de los recursos hídricos.

Durante los últimos cinco años, el gobierno peruano ha promovido la modernización del manejo de los recursos hídricos. La Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos, aún pendiente de aprobación en el Congreso peruano, promueve la creación de un marco institucional y legal único —hasta ahora solo las leyes sectoriales se han encargado de la gestión del agua en su ámbito competencial—; persigue la sostenibilidad financiera de las Juntas de Usuarios para la operación, mantenimiento y desarrollo de infraestructuras; defiende la conservación de ecosistemas acuáticos; y contempla medidas para combatir y adaptarse a los impactos del cambio climático. Hoy en día, otros programas como el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) o PROFODUA, encargado del registro de los derechos de uso de agua, se están extendiendo a la sierra con el objeto de repetir en esta zona el éxito acontecido en la costa.

Varias investigaciones en curso vienen desarrollando temas como qué modelo dará resultados más compatibles con las descargas observadas (Devia, Ganasri & Dwarakish, 2015). Se argumentó que incluso el modelado complejo no proporciona mejores resultados. El cambio climático y la heterogeneidad del suelo tienen un papel importante en la búsqueda de la escurriencia superficial.

Una de las consecuencias más impactantes del crecimiento urbano corresponde a la intensificación de las inundaciones, tanto en sus frecuencias

como en sus magnitudes, según se ha observado en los últimos años (Figura 3.1, Figura 3.2). Así mismo, en las principales ciudades, son evidentes otras consecuencias de este fenómeno como la degradación de la calidad de las aguas de ríos y quebradas, fallas o malos funcionamientos de las redes de alcantarillado o de la infraestructura de saneamiento urbano en general, e incluso problemas institucionales ligados a sistemas cada vez más difíciles de gestionar (Torres & Sandoval, 2015). Sin embargo, se admite que existen retos en cuanto a la gestión sostenible del ciclo hidrológico, y que ello involucra paradigmas claves de sostenibilidad como el reciclado, la minimización de pérdidas y la protección ambiental. La hidrología intenta responder a algunos de los problemas mencionados, al estudiar las múltiples relaciones entre el ciclo hidrológico y la ciudad. La comunidad científica reconoce que dichos vínculos son complejos, por lo tanto, su entendimiento y manejo son objeto de diversas investigaciones en el mundo.



Figura 3.1. Inundaciones en el Perú («Inundaciones causan daños por segundo día consecutivo en Lima, Perú», 2017)



Figura 3.2. Perú: Dramático momento vivió mujer cuando fue arrastrada por huéico (Redacción, 2017)

3.3. Legislación de Aguas en el Perú

La norma más importante de la legislación peruana en materia de recursos hídricos, hasta 2009, fue la Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752 promulgada en julio de 1969, en los inicios del Gobierno Militar que llevó adelante un importante proceso de reformas en la economía y la sociedad peruana («Centro Peruano de Estudios Sociales», s. f.).

Concebida como un complemento de la Ley de Reforma Agraria, la Ley General de Aguas estableció como norma fundamental que todas las aguas, sin excepción y cualquiera fuera su estado físico y ubicación, pertenecen al Estado, tomando clara distancia del hasta entonces vigente Código de Aguas de 1902. Como consecuencia de dicha norma, correspondía a la Autoridad de Aguas una serie de funciones y responsabilidades: facilitar el acceso a los particulares a los diversos usos, sancionarlos cuando incumplieran algunas de sus obligaciones, realizar estudios, encargarse del mantenimiento de la infraestructura hidráulica, entre otras. Para estos efectos la Autoridad de Aguas estaba diseñada en torno a una Dirección General de Aguas y un Administrador Técnico del Distrito de Riego, en cada uno de los ámbitos territoriales denominados "Distritos de Riego". Al Ministerio de Salud se encargó los asuntos relacionados a la calidad del agua. En el marco de la Ley General de Aguas, todos los particulares requerían una licencia, un permiso o una autorización para aprovechar el agua, con la sola excepción de la satisfacción de usos primarios («Desarrollo Comunal», s. f.).

La Ley General de Aguas sufrió algunos cambios durante sus casi 40 años de vigencia. Los principales estuvieron contenidos en el Decreto Legislativo N° 653, promulgado en 1991, durante el gobierno de Alberto Fujimori. Con este Decreto Legislativo se crearon las Autoridades Autónomas de Cuenca Hidrográfica (alterando la organización estatal establecida en 1969) y se rompió la lógica de la Ley, afectando particularmente el principio de aleatoriedad en el uso del agua.

Los cambios más importantes, sin embargo, se produjeron en la reglamentación de la Ley General de Aguas, dada por partes haciendo en total 9 reglamentos, los que han sufrido numerosos cambios en estos años. Entre los aspectos que sufrieron mayores alteraciones estaban los relativos a las organizaciones de usuarios, a las cuales se les fue transfiriendo paulatinamente mayores funciones y responsabilidades. Como parte de ese proceso de modificación paulatina de la legislación de aguas se trató de impulsar desde el Gobierno, entre 1993 y 1997, la aprobación de una nueva ley.

La vigencia de una nueva Constitución en 1993 y la aprobación de la Ley Orgánica de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, en 1997, llevaron a la necesidad de una revisión y modificación de la Ley General de Aguas. Superados los intentos de Fujimori por aprobar una nueva ley de claro corte liberal, a partir de 2002 se retomó los intentos oficiales para su modificación. Recién en 2004 el Congreso asumió esta responsabilidad, pero sin mayor compromiso, en el año 2008 el gobierno de Alan García aprobó varios decretos legislativos (entre ellos el 1081 y el 1083) que modificaban el marco legislativo referente al agua. Finalmente, en marzo de 2009 el Congreso aprobó la Ley de Recursos Hídricos, derogando la Ley General de Aguas («Centro Peruano de Estudios Sociales», s. f.).

El 30 de marzo de 2009, se promulga la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, la cual derogó a la Ley General de Aguas y también (formalmente) a los Decretos Legislativos 1081 y 1083, aunque incorporó en gran medida a estos últimos en su texto.

La Ley tiene 125 artículos organizados en doce Títulos, al que se suma un Título Preliminar que incluye 11 principios que rigen el uso y la gestión del agua. Además, la Ley tiene 12 Disposiciones Complementarias Finales, 2 Disposiciones Complementarias Transitorias y una Disposición Complementaria Derogatoria.

Se mantiene el principio de que el agua es un recurso de propiedad de la Nación, descartando cualquier intento de privatización. Sin embargo, como las leyes vigentes desde hace unos años permiten, algunos aspectos y servicios relacionados a la gestión del recurso pueden ser entregados al sector privado.

La compleja estructura de la Autoridad Nacional del Agua —ANA—, dependiente del Ministerio de Agricultura, busca reforzar su papel como órgano rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Se ha limitado, no obstante, la participación efectiva de los usuarios en la gestión del recurso. Pese a la afirmación del principio de la descentralización de la gestión pública del agua, la estructura interna de la ANA muestra más bien un esquema desconcentrado, en el que los Consejos de Cuenca no parecen tener mayor peso y los gobiernos regionales tampoco.

El Reglamento de la Ley, el cual completaría los vacíos y respondería a las inquietudes que la lectura de la Ley plantea, debía publicarse dentro de los 60 días posteriores a su aprobación, pero recién fue publicado el 24 de marzo de 2010, mediante el Decreto Supremo N° 01-2010-AG.

3.4. Instituciones Referentes al Manejo y Gestión del Agua

3.4.1. Dirección de Hidrografía y Navegación

La historia de la Cartografía en el Perú data desde la presencia europea en el Pacífico americano, a partir de 1513, cuando los pilotos de entonces empezaron a mapear y describir la costa en la medida en que la exploraban. No sería hasta el establecimiento del virreinato que el tráfico marítimo tendría su mayor actividad, contando como eje principal el puerto del Callao («Dirección de Hidrografía y Navegación», s. f.).

Los primeros logros significativos se dieron en la segunda mitad del siglo XVII cuando aparecen los instrumentos de reflexión óptica para mediciones astronómicas. Luego, en 1780 empiezan a figurar nombres como Moraleda y Hervé, pilotos de la Armada Española, quienes levantaron la cartografía de nuestra costa bajo un nuevo rigor científico (Figura 3.3). Posteriormente, la Expedición de Malaspina (1789-1794) dejó un gran aporte al ejecutar importantes Investigaciones hidrográficas, cartográficas y oceanográficas (Palacios, Arana, Torres & Patrucco, 2016). El establecimiento de la Academia Real de Náutica de Lima y del Depósito Hidrográfico de Lima impulsaron la tarea del gran piloto español Andrés Baleato en el campo de la cartografía en nuestro medio, quien no solo produjo las cartas necesarias para la navegación, sino que también formó a los hombres que habrían de constituir la base humana de la Marina Republicana («Dirección de Hidrografía y Navegación», s. f.).



Figura 3.3. Brigada de Hidrografía de la Marina de Guerra del Perú

El legado de Andrés Baleato pasaría a manos de su alumno más brillante, el marino peruano Eduardo Carrasco y posteriormente a otros marinos notables que contribuyeron con su esfuerzo, trabajo e Investigación al desarrollo de la hidrografía y la cartografía, entre ellos: Aurelio García y García, Rosendo Melo, Camilo Carrillo, Germán Stiglich y otros, quienes realizaron importantes exploraciones y trazaron los primeros mapas de nuestra Selva y Costa.

Según la Dirección de Hidrografía y Navegación (s. f.), finalmente se estableció el 20 de junio de 1903 la "Comisión Hidrográfica" en Lima, presidida por el contralmirante Manuel Melitón Carvajal y conformada por oficiales del Cuerpo General de la Armada. El presidente de la República, Eduardo L. De Romaña, considerando que los mapas de la República presentaban notables inexactitudes a causa de no haberse practicado levantamiento geodésico alguno en el territorio y debido también a que en la región del Oriente existía una gran extensión completamente inexplorada, principalmente en zonas de frontera, dispuso la constitución de la Comisión. Su misión principal fue fijar la situación geográfica de las ciudades y puertos principales del territorio, estudiar la costa del Pacífico y los ríos orientales levantando los planos necesarios. Del mismo modo, se encargó de la determinación de los datos que contribuyeran a la navegación, el levantamiento de las cartas náuticas que la facilitarían, además de explorar y trazar los primeros mapas de las zonas fronterizas del Nor Oriente (Figura 3.4).



Figura 3.4. Dirección de Hidrografía y Navegación, Marina de Guerra del Perú

De acuerdo con los avances científicos y desarrollos tecnológicos, así como por causa de las nuevas responsabilidades asignadas, la denominación de esta Comisión va cambiando a través del tiempo hasta llegar a su actual nombre: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina (HIDRONAV). Hoy en día, después de un siglo de existencia, se continúa trabajando en la realización de las funciones encomendadas en los campos de hidrografía, cartografía náutica; geomática; oceanografía física; meteorología marítima y señalización náutica; cumpliendo siempre con los postulados de compromiso, lealtad y servicio legados por sus predecesores y en beneficio constante de la Marina de Guerra y el desarrollo socio económico del Perú.

3.4.2. Ministerio de Agricultura y Riego

Fue creado por Ley 9711 el 2 de enero de 1943, durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche, teniendo como ministro a Benjamín Roca. Su función principal es ocuparse del sector agrario del Perú, fortaleciendo las organizaciones de productores y promoviendo su integración bajo los enfoques de manejo de las cuencas y cadenas productivas. Como objetivos fundamentales tiene (MINAGRI, 2018):

- Fomentar la innovación tecnológica y capacitación vinculada a la gestión empresarial del productor agrario, facilitando asistencia técnica.
- Establecer un sistema de información agraria que permita a los agentes económicos una eficiente toma de decisiones para la gestión.
- Facilitar a los productores agrarios el acceso a servicios de asesoría jurídica, administrativa, de gestión, financiamiento, asistencia técnica, sanidad y otros que les permitan mejorar su capacidad de gestión.
- Facilitar la articulación de la pequeña agricultura con la economía de mercado, a través del establecimiento de políticas para el uso adecuado de los recursos naturales.

Los órganos adscritos al Ministerio son: Autoridad Nacional del Agua (ANA), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA), Sierra y Selva Exportadora, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

3.4.3. Ministerio del Ambiente

El Ministerio del Ambiente del Perú es un ente ministerial creado el 13 de mayo de 2008 mediante Decreto Legislativo N° 1013. Cumple el rol de ser rector del sector ambiental con las tareas de diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental. Posee dos Viceministerios: (a) Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales y (b) Gestión Ambiental. Tiene como funciones rectoras (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018b):

- Formular, planificar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar la política nacional del ambiente aplicable a todos los niveles de gobierno en el marco del sistema nacional de gestión ambiental.
- Garantizar el cumplimiento de las normas ambientales por parte del Ministerio del Ambiente, los demás sectores y los diferentes niveles de gobierno; realizando funciones de promoción, fiscalización, supervisión, evaluación y control, así como ejercer la potestad sancionadora en materia de su competencia y dirigir el régimen de fiscalización y control ambiental y el régimen de incentivos previsto por la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Realizar seguimiento y monitoreo, respecto de los logros en las metas ambientales a nivel nacional, regional y local y tomar las medidas correspondientes.
- Coordinar la implementación de la política nacional ambiental con los sectores, los gobiernos regionales y los gobiernos locales.
- Prestar apoyo técnico a los sectores, gobiernos regionales y locales para el adecuado cumplimiento de las funciones ambientales.

Dentro de la calidad del agua y efluentes, es la encargada de formular los Estándares de Calidad Ambiental para agua y Límites Máximos Permisibles para efluentes de las diferentes actividades, como resultado de un trabajo en conjunto con los sectores. Estos instrumentos normativos ayudan al cuidado y conservación de los recursos hídricos, tanto como con la protección de la salud de las personas (MINAM, 2018a).

3.4.4. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) es un organismo técnico especializado del Estado peruano que brinda

información sobre el pronóstico del tiempo, así como asesoría y estudios científicos en las áreas de hidrología, meteorología, agrometeorología y asuntos ambientales (Figura 3.5).

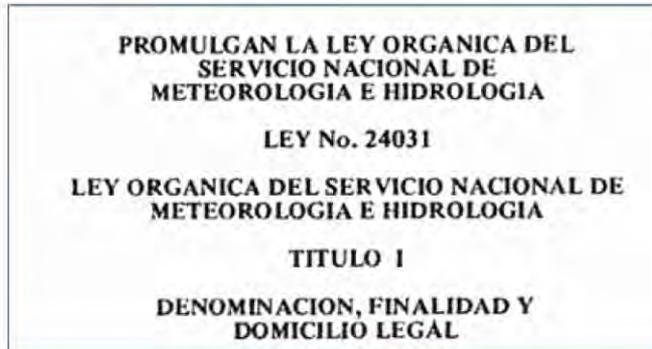


Figura 3.5. Promulgan Ley Orgánica del SENAMHI 14 de diciembre de 1984.

Se creó mediante el Decreto Ley N° 17532 del 25 de marzo de 1969 como un organismo público descentralizado, aunque sus actividades meteorológicas e hidrológicas se encontraban a cargo de los Ministerios de Fomento y Obras Públicas, Aeronáutica y Agricultura, así también de CORPAC. (Figura 3.6).



Figura 3.6. Logotipo SENAMHI

La ley orgánica del Senamhi se promulgó por Ley N° 24031 del 14 de diciembre de 1984; y, a partir del 13 de mayo de 2008, pasó a formar parte del Ministerio del Ambiente conforme al Decreto Legislativo N° 1013.

Como funciones del Senamhi se tiene (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2018):

- Organizar, controlar, operar y mantener la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, Hidrológicas y Agrometeorológicas,

de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y las necesidades de desarrollo nacional, a excepción de las redes de estaciones establecidas con fines específicos.

- Realizar y formular los estudios e investigaciones que satisfagan las necesidades de desarrollo y defensa nacional, en lo concerniente a su aplicación en las diferentes áreas de la meteorología, hidrología, agrometeorología y otras conexas.
- Asesorar y brindar apoyo técnico que requieran las entidades públicas y privadas para el desarrollo de actividades en las que sea necesario el empleo de información y técnicas relacionadas con las funciones del SENAMHI.
- Divulgar la información técnica y científica.
- Promover en coordinación con las universidades, la capacitación técnica y profesional en especialidades relativas al estudio, investigación y aplicación de los diversos elementos atmosféricos e hídricos continentales.
- Organizar y administrar el Archivo Nacional de Información Meteorológica, Hidrológica, Agrometeorológica y conexas y proporcionar la información necesaria para los planes de desarrollo nacionales, regionales y locales.
- Dictar normas y regulaciones relativas a la instalación, operación y mantenimiento de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas de la red nacional, así como de otras estaciones de fines específicos.
- Participar en todas las actividades de estudios y proyectos relacionados con el medio ambiente.
- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, de acuerdo a su competencia técnica especializada, es la entidad encargada de expedir certificaciones de calibración y control del instrumental meteorológico e hidrológico, así como la de otorgar conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no, los cuales requerirán de dicha autorización expresamente.
- Organizar, fomentar y dirigir, dentro del ámbito de su competencia técnica especializada, los estudios e investigaciones meteorológicas, hidrológicas, climatológicas y agro meteorológicas que se efectúen en el país por entidades nacionales y extranjeras, debiendo mantener para tal efecto un

- registro único a nivel nacional, de instituciones que cuenten con instrumental para la obtención de datos cualesquiera que sean los fines.
- Representar al Perú ante la Organización Meteorológica Mundial y en los certámenes relacionados con la meteorología, hidrología y agrometeorología, que se realicen en el país o en el extranjero.
 - Celebrar acuerdos y contratos de cooperación con entidades públicas y privadas, nacionales y proponer al presidente de la República convenios internacionales, en el ámbito de su competencia de acuerdo a los dispositivos legales vigentes.
 - El SENAMHI queda encargado de organizar, normar y promover un sistema de vigilancia atmosférica del país, a fin de preservar los peligros de la contaminación ambiental.
 - Cumplir otras funciones que le asigne la ley.

3.4.5. *Autoridad Nacional del Agua*

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es un organismo constitucional autónomo del Perú. Está adscrito al Ministerio de Agricultura y se encarga de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas. Es el ente rector del Sistema Nacional de la Gestión de los Recursos Hídricos. (Figura 3.7).



Figura 3.7. Logotipo Autoridad Nacional del Agua

Fue creado por Decreto Legislativo 997 el 13 de marzo de 2008, durante el segundo gobierno del presidente Alan García (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018). Su función principal es el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la gestión integrada de los recursos naturales y de la gestión de la calidad ambiental nacional; para ello, cuenta con la potestad de establecer alianzas estratégicas con los gobiernos regionales, locales y el conjunto de actores sociales y

económicos involucrados. Tiene por objetivo administrar, conservar y proteger los recursos hídricos en las cuencas para alcanzar su aprovechamiento sostenible. En el artículo 15°, numeral 12, de la LRH, se establecen las funciones de la ANA («Ley No 29338 - Ley de Recursos Hídricos», 2009). Estas son:

- Ejercer jurisdicción administrativa exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia para asegurar la preservación y conservación de las fuentes naturales de agua, de los bienes naturales asociados a estas y de la infraestructura hidráulica, ejerciendo facultad sancionadora y coactiva.
- En cuanto a la protección del agua, en el artículo 75° de la precitada ley, se precisa que “La Autoridad Nacional del Agua, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, ecosistemas y bienes naturales asociados a ésta en el marco de la ley y demás normas aplicables. Cabe señalar que para dicho fin puede coordinar con las instituciones públicas competentes y los usuarios. La ANA, a través del consejo de cuenca correspondiente, ejerce funciones de vigilancia y fiscalización con el fin de prevenir y combatir los efectos de la contaminación del mar, ríos y lagos en lo que le compete. Puede coordinar con los sectores de la administración pública, los gobiernos regionales y los gobiernos locales. El Estado reconoce como zonas ambientalmente vulnerables las cabeceras de cuenca, es decir, donde se originan las aguas”.
- Asimismo, en el artículo 103°, numeral 103.1, del reglamento de la ley antes citada, se señala que “La protección del agua tiene por finalidad prevenir el deterioro de su calidad; proteger y mejorar el estado de sus fuentes naturales y los ecosistemas acuáticos; establecer medidas específicas para eliminar o reducir progresivamente los factores que generan su contaminación y degradación”.

3.4.6. Universidades y La Hidrología

3.4.6.1. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Su origen es también el origen de la educación superior en el Perú, el cual se remonta a los estudios generales llevados en los claustros del Convento del Rosario de la Orden de Santo Domingo,

actual Basílica y Convento de Santo Domingo, cerca de la plaza de Armas de Lima hacia 1548. Dichos estudios tenían como objetivo principal satisfacer las necesidades de la formación y educación del clero en el nuevo territorio conquistado del imperio español. Posteriormente, el cabildo limeño enviaría a España a fray Tomás de San Martín y al capitán Juan Jerónimo de Aliaga, quienes —en gran parte gracias a las gestiones del primero— consiguen mediante la Real Cédula expedida el 12 de mayo de 1551 en Valladolid, la orden de fundación de la universidad por parte del emperador Carlos I de España y V del Sacro Imperio Romano Germánico y la reina Juana I de Castilla, hija de los reyes católicos; de ese modo se efectuó oficialmente la fundación de la Real Universidad de la Ciudad de los Reyes, también llamada Real Universidad de Lima. La lectura de la Real Cédula, que autoriza oficialmente el funcionamiento de la "Universidad de Lima", indica como misión: «adoctrinar a los vecinos de estas tierras en la fe cristiana y el sometimiento al Rey» (Universidad Nacional Mayor de San Marcos [UNMSM], 2011). Con este principio, la universidad comenzó a funcionar oficialmente el 2 de enero de 1553, en la Sala Capitular del "Convento de Nuestra Señora del Rosario" de la Orden de Santo Domingo, bajo la dirección de su primer rector fray Juan Bautista de la Roca; la cátedra inicial fue dictada por Andrés Cianca y Corona Cosme Carrillo, bajo la supervisión del rector. (Figura 3.8).



Figura 3.8. Escudo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Por primera vez en el Perú, en 1969 se establece en la UNMSM la carrera de Ingeniería Mecánica de Fluidos, a iniciativa del entonces decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Rafael Dávila Cuevas — Profesor Emérito ya fallecido— y con la colaboración del profesor Mateo Casaverde Ríos así como del ingeniero Guy Gerlier, experto en cooperación técnica de la embajada francesa, quienes elaboraron el primer plan de estudios (UNMSM, 2013). Esta Escuela Académico Profesional, según su denominación actual, tiene en su plan curricular asignaturas orientadas al uso y conservación del agua y administra un programa de Maestría en Ingeniería Hidráulica.

3.4.6.2. Universidad Nacional de Ingeniería

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) fue fundada en Lima en 1876 por el ingeniero polaco Eduardo de Habich (Figura 3.9), con la denominación formal de "Escuela de Construcciones Cíviles y de Minas de Lima" o "Escuela Especial de Ingenieros de Construcciones Cíviles y de Minas"; no obstante, ha sido conocida tradicionalmente como "Escuela de Ingenieros". Previamente, el científico peruano Mariano Eduardo de Rivero y Ustariz fundó en 1828 la Escuela de Minas de Lima, la cual décadas posteriores se integraría como parte de la Escuela de Minas, en el origen de la Universidad Nacional de Ingeniería. Asimismo, tiempo antes, en 1823, Rivero y Ustariz había creado la primera Escuela de Minas de la Gran Colombia cuando tenía 25 años de edad (Universidad Nacional de Ingeniería [UNI], 2010).



Figura 3.9. (a) Eduardo de Habich. (b) Escudo UNI

La fundación de la UNI se efectuó con el objetivo de impulsar el desarrollo del país en las áreas de su competencia. Como república joven, el Estado peruano promovió en gran magnitud, diversos esfuerzos con el fin de modernizar e industrializar el país. Por tanto, la construcción de ferrocarriles, la explotación minera, el desarrollo de infraestructura para caminos, entre otros, fueron realizados. En aquellas épocas, el principal promotor de grandes obras de infraestructura era la administración pública. Sin embargo, no se contaba con un cuerpo de profesionales nacionales que lideraran estos nuevos proyectos, por lo que en su mayoría se contrataban profesionales extranjeros y a los pocos peruanos que en ese entonces estudiaban en el exterior (López, 2003).

El 18 de marzo de 1876, luego de muchos intentos anteriores, se da el Reglamento General de Instrucción Pública, suerte de partida de nacimiento legal de la institución. La ceremonia de inauguración oficial se realizó a las 3 de la tarde del 23 de julio de 1876, en las instalaciones de la histórica Casona de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, aun cuando las clases habían empezado días antes: el 11 de julio.

La historia de la Ingeniería Civil en el Perú está ligada a la creación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), como el primer y principal centro de formación de ingenieros, arquitectos y científicos del país. Fue creada durante el gobierno del Dr. Manuel Pardo en 1876 con la denominación de Escuela Especial de Construcciones Civiles y de Minas del Perú, donde, desde sus inicios, se priorizó en la formación de ingenieros civiles (Facultad de Ingeniería Civil UNI [FIC-UNI], 2018). Durante el gobierno del presidente Manuel A. Odría, y mediante Ley N° 12379 del 19 de julio de 1955, la Escuela de Ingenieros se eleva al rango de Universidad, otorgándose a sus Departamentos la categoría y personería jurídica de Facultad, entre las que se encontraba la Facultad de Ingeniería Civil; la misma que actualmente es el alma mater de la ingeniería civil del Perú y goza de un sólido prestigio nacional e internacional.

La UNI cuenta con las maestrías de Tratamiento de Aguas y Reúso de Desechos e Ingeniería Hidráulica, ambas muy ligadas al quehacer de la hidrología y las ciencias del agua. Asimismo,

dispone del Laboratorio Nacional de Hidráulica (LNH) con sede en Lima - Perú, el cual fue creado el 12 de febrero de 1960 a partir del convenio celebrado entre la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Dirección de Aguas e Irrigaciones del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas (Laboratorio Nacional de Hidráulica UNI [LNH-UNI], 2018). Con fecha 29 de marzo de 1967, siendo presidente de la República don Fernando Belaúnde Terry, se expide el Decreto Supremo 20-F, que determina la conversión del Laboratorio Nacional de Hidráulica a un Organismo Conjunto de la Dirección General de Irrigaciones del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas y de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Posteriormente, a través del Decreto Supremo N° 009-90-AG del 01 de marzo de 1990, el Laboratorio Nacional de Hidráulica pasa a ser Órgano Autónomo de la Universidad Nacional de Ingeniería, dependiente del Rectorado, asumiendo funciones de empresa universitaria en base a los recursos propios que generen sus actividades.

El Laboratorio Nacional de Hidráulica ocupa un área de 17,000 m², de los cuales más de 12,000 m² se destinan para la reproducción de modelos (Figura 3.10). En las áreas techadas se encuentran diferentes ambientes, entre ellas, el Laboratorio Didáctico, el Canal de Calibración de Correntómetros y Estudios de Ingeniería Naval, la Biblioteca Técnica, Salón Auditorio, Oficinas y Talleres (LNH-UNI, 2018). El Laboratorio Nacional de Hidráulica cuenta con un Consejo Directivo conformado por tres miembros en representación de los Ministerios de Agricultura, Energía y Minas, y Transportes Vivienda y Construcción —actualmente este último ministerio se ha dividido en dos: Transportes y comunicaciones; y, Vivienda, Construcción y Saneamiento—; asimismo, con cuatro miembros de la Universidad Nacional de Ingeniería, designados por el rector: dos son representantes de la Facultad de Ingeniería Civil, uno de la Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica y Minas, y otro más de la Facultad de Ingeniería Mecánica.



Figura 3.10. Laboratorio Nacional de Hidráulica

3.4.6.3. Universidad Nacional Agraria La Molina

El origen de la Universidad Nacional Agraria se remonta a 1901, durante el gobierno del presidente Eduardo López de Romaña, cuando se planificó y organizó la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria (ENAV) en base a los estudios de una misión belga contratada por el gobierno peruano, la cual llegó al Perú en julio de ese año y estuvo compuesta por los ingenieros Jorge Vanderghem, Enrique Van Hoorde, Víctor Marie y Juan Michel, así como por el médico veterinario Arturo Declerck (Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM], 2018).

La inauguración oficial fue el 22 de julio de 1902, como dependencia de la Dirección de Fomento, siendo ministro del ramo don Eugenio Larrabure Unanue. En 1912 se creó la Estación Central Agronómica con miras a desarrollar la experimentación agrícola y prestar servicio a los agricultores. Es así como, antes de cumplir quince años de fundación, la Escuela era ya una entidad que aplicaba los tres fines fundamentales de la Universidad: enseñanza, investigación y extensión. El primer local asignado a la Escuela fue un pabellón del fundo Santa Beatriz, donde funcionó durante 30 años. En 1933 se trasladó al fundo de La Molina, en el valle de Ate, permaneciendo allí hasta la fecha. La Ley Orgánica de Educación Pública de 1941 le concedió a esta Escuela la categoría de Institución de Enseñanza Superior y consagró su autonomía pedagógica, administrativa y económica (Figura 3.11).



Figura 3.1.5. Escudo de la Universidad Nacional Agraria La Molina

En 1960, la Ley Universitaria 13417 reconoció a la Escuela Nacional de Agricultura su rango universitario, con la denominación Universidad Nacional Agraria La Molina. En 1961, comenzaron a funcionar como organismos académicos, las siguientes facultades: Agronomía, Zootecnia, Ingeniería Agrícola y el Instituto de Investigaciones y Estudios Avanzados (hoy Escuela de Post Grado) (UNALM, 2018). El mismo año quedó sancionada la creación de la Facultad de Ciencias y la de Ciencias Económicas y Sociales, que más adelante cambió su denominación por la de Ciencias Sociales y posteriormente por la de Economía y Planificación. Ambas Facultades comenzaron sus labores simultáneamente a comienzos de 1962. En 1963 inició sus actividades la Facultad de Ciencias Forestales, en 1966 la Facultad de Pesquería, y en 1969 la Facultad de Industrias Alimentarias. Más adelante se organizaron los Institutos de Sierra, de Selva y de Investigaciones Forestales, como centros de enseñanza e investigación que abarcan campos afines a varias facultades para el estudio de problemas específicos.

La UNALM cuenta con la Facultad de Ingeniería Agrícola, a la cual está adscrito el Departamento de Recursos Hídricos. Se tiene programas de maestría en Recursos Hídricos, Riego y Drenaje y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. También cuenta con un Programa Doctoral en Recursos Hídricos. Dichos programas tienen como visión formar profesionales de alta capacidad científica y tecnológica para la solución de los problemas de ingeniería y

gestión sustentable de los recursos hídricos, en un ambiente de trabajo interdisciplinario y transdisciplinario. Todo esto mediante la formación de recursos humanos altamente calificados; la investigación científica básica y aplicada; el desarrollo, adaptación y transferencia de tecnología; la innovación en la ingeniería y gestión sustentable de los recursos hídricos; la prestación de servicios tecnológicos, de capacitación, de extensión, de información y de difusión del conocimiento científico y tecnológico.

3.4.6.4. Pontificia Universidad Católica del Perú

La PUCP fue fundada el 24 de marzo de 1917 (Figura 3.12), por el padre Jorge Dintilhac de la Congregación de los Sagrados Corazones y reconocida oficialmente por el Estado peruano esa misma fecha, a través de una resolución suprema firmada por el presidente José Pardo y Barreda (Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP], 2018). Sus primeras facultades fueron la de Letras y la de Jurisprudencia, que comenzaron a funcionar en el Colegio Sagrados Corazones Recoleta, ubicado en la plaza Francia, en el centro de Lima. En los años siguientes, se crearían nuevas unidades de estudio: en 1932, el Instituto Superior de Ciencias Comerciales, el Instituto Femenino de Estudios Superiores, y el Instituto de Idiomas; en 1933, se aperturaron las facultades de Ingeniería y de Ciencias políticas y económicas; en 1935, la Escuela de Pedagogía; y en 1936, la Escuela Normal Urbana. Así también la Academia de Arte Católico fue fundada en el año 1939, y la Sección Superior de Pedagogía en 1942. Ese mismo año, al cumplir 25 de creación, la universidad recibe el título de "Pontificia", otorgado por el papa Pío XII.



Figura 3.12. Escudo de la Pontificia Universidad Católica del Perú

En 1944, fallece el pensador peruano José de la Riva-Agüero y Osma dejando en herencia a la Universidad Católica del Perú, el Fundo Pando (un terreno de 45 hectáreas), varios inmuebles en el centro de Lima, así como terrenos rurales en Lima y Pisco. De esta manera, José de la Riva-Agüero se convierte en el principal benefactor de la universidad hasta la actualidad (PUCP, 2018).

En 1959, se empezaron a construir los primeros edificios en el nuevo campus de la PUCP. Años después, en 1947, fue creada la Facultad de Educación y, en 1953, se inauguró el Instituto Riva-Agüero, en honor al gran benefactor de la universidad. En 1959, se crearon la Escuela de Estudios Religiosos y la Facultad de Agronomía, que sería desactivada años después. Entre 1953 y 1962, la PUCP se asoció a las principales organizaciones internacionales de universidades, entre las que figuran la Federación Internacional de Universidades Católicas y la Asociación Internacional de Universidades.

En 1965, la universidad ya contaba con 4.700 alumnos, y desarrolló un programa de crecimiento planificado mediante el cual el número de estudiantes creció controladamente en un 4% anual (hasta los casi 25.000 con que cuenta actualmente) (PUCP-Historia, 2018). El año siguiente, en 1966, se creó el Departamento de Ciencias que incluía las especialidades de Física, Matemáticas y Química. En 1972, se implementaron los programas de Estudios Generales constituidos como unidades académicas autónomas, divididas en dos grandes campos: Ciencias y Letras. En 1977, se aperturó el programa académico de Trabajo social, y en 1981, el de Arte. El 3 de febrero de 1986, se funda el nuevo Instituto de Idiomas (INIPUC), destinado a la enseñanza del idioma inglés y español.

La carrera profesional de Ingeniería Civil cuenta con un laboratorio de Hidráulica, este posee un canal de corriente horizontal de fabricación local que permite desarrollar flujos bajo compuertas, fuerza sobre compuertas, flujo uniforme en canales, flujo sobre vertederos, resalto hidráulico, energía específica, etc. (PUCP-LH, 2018). Además, se tiene a disposición un sistema de tuberías de fabricación local, un aparato de pruebas hidrostáticas y propiedades de los fluidos, un tanque de permeabilidad, un

sistema de bombeo cisterna a tanque elevado y una chimenea de equilibrio para el estudio de oscilaciones de masa en esquemas hidroeléctricos.