



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



**SÍLABO**

DIRECTIVA N° 003-2017-OCA-UNALM  
Resolución N° 0512-2017-R-UNALM

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

CURSO	:	Hidrología de la Criósfera
CÓDIGO	:	IA8040
CRÉDITOS	:	3
SEMESTRE	:	2018-I
HORAS	:	3 horas/semana
DURACIÓN	:	16 semanas
REQUISITOS	:	Aprobación del Comité del Programa
PROFESOR	:	Wilson Suarez Alayza ( <a href="mailto:wil_suarez@hotmail.com">wil_suarez@hotmail.com</a> )

**II. SUMILLA**

El Perú presenta una geomorfología y climatología muy diversa por su ubicación en la región tropical y la presencia de la cordillera de los Andes. Las condiciones climáticas por encima de los 4800 metros de altitud son dominadas por la presencia de temperaturas muy bajas y revisten gran importancia en la producción de recursos hídricos que dan origen a los ríos de las vertientes del pacífico y del atlántico.

La asignatura de “Hidrología en la Criósfera” está diseñada para proporcionar al estudiante de doctorado los conocimientos científicos sobre los procesos hidrológicos y su relación con la climatología que existen en la criósfera y su entorno, esto se lograran mediante el análisis teórico y práctico de las diferentes variables que existen en este entorno (glaciares, ríos, balance energético, nieve, permafrost, modelización hielo – escorrentía, etc). Este conocimiento permitirá tomar decisiones al estudiante dentro de su campo profesional (como tomador de decisiones o investigador) respecto a lo que se puede esperar en términos hidrológicos y climáticos en zonas donde la temperatura dominante es igual o menor a cero grados centígrados.

**III. COMPETENCIAS, HABILIDADES O CAPACIDADES A LOGRAR**

Al culminar el curso, el estudiante estará en la capacidad conocer los procesos climáticos y su interacción con los componentes del balance hidrológico (escorrentías, glaciares, precipitaciones, etc) que ocurren en las zonas donde la temperatura del aire está por debajo o próximo a los 0°C.

- El estudiante comprende la dinámica de la criósfera visto desde la climatología tropical.
- El estudiante identifica y describe las características físicas y funcionales de un glaciar y su entorno.
- El estudiante analiza el proceso de retroceso glaciar y su futuro de estos mediante el análisis de información de percepción remota (imágenes de satélite).
- El estudiante reconoce los diferentes tipos de glaciares y su proceso histórico de formación mediante el análisis de las eras glaciares.
- El estudiante determina de manera científica el aporte hídrico de los glaciares y su entorno mediante el análisis del balance energético (atmosfera – glaciar) y el modelo grado - día.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



- El estudiante identifica y se apropia de las teorías y conceptos sobre el monitoreo de las condiciones de criósfera y de glaciares, así como del riesgo que representan.
- El estudiante conoce las fuentes de información científica en temáticas de Criósfera disponibles en el contexto internacional para su utilización.

#### IV. PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS

SEMANA 1 y 2	UNIDAD 1: CRIÓSFERA Y GLACIARES
Competencia	Comprende la importancia de Criósfera, sus componentes (hielo, nieve, permafrost, etc).
Conceptual	Definición de Criósfera, nieve, glaciares, tipos de glaciares según UNESCO, variables hidrológicas en la Criósfera y permafrost.
Procedimental	Ilustra el entorno de la criósfera, sus componentes como los glaciares e identifica su rol dentro del ciclo hidrológico.
Actitudinal	Valora la importancia de la criósfera a nivel mundial y local.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ CAN, S. G. de la C. A. (2007). ¿EL FIN DE LAS CUMBRES NEVADAS? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina. (IRD, Ed.). Lima.</li><li>▪ Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. ., Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li><li>▪ Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., &amp; Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. <i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>, 281(3–4), 180–195. <a href="http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032">http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032</a></li><li>▪ Sicart, J. E., Hock, R., &amp; Six, D. (2008). Glacier melt, air temperature, and energy balance in different climates: The Bolivian Tropics, the French Alps, and northern Sweden. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 113(D24), D24113. <a href="http://doi.org/10.1029/2008JD010406">http://doi.org/10.1029/2008JD010406</a></li></ul>

SEMANA 3 y 4	UNIDAD 2: CLIMATOLOGÍA
Competencia	Comprende los factores climáticos de la Criósfera así como los mecanismos climáticos que permiten la existencia de esta.
Conceptual	Condiciones climáticas generales, circulación general atmosférica, climas tropicales y polares, vientos, precipitación líquida y sólida y formación de la estructura del hielo.
Procedimental	Identifica las condiciones climáticas en los entornos de criósfera, partiendo de un nivel global a específico además muestra las etapas de formación de un glaciar.
Actitudinal	Valora la importancia de la meteorología y climatología dentro del análisis de la criósfera como componente del ciclo hidrológico.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Chevallier, P., Pouyaud, B., Suarez, W., &amp; Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropical Andes: Glaciers and water resources. <i>Regional Environmental Change</i>, 11(SUPPL. 1), 179–187.</li><li>▪ Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. ., Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li><li>▪ Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., &amp; Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. <i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>, 281(3–4), 180–195. <a href="http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032">http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032</a></li><li>▪ Garreaud, R., Vuille, M., &amp; Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. <i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>, 194(1–3), 5–22. <a href="http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00269-4">http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00269-4</a></li><li>▪ Jansson, P., Hock, R., &amp; Schneider, T. (2003). The concept of glacier storage: a review. <i>Journal of Hydrology</i>, 282(1–4), 116–129. <a href="http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00258-0">http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00258-0</a></li><li>▪ Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M., Silverio, W., Mark, B.G., Burns, P., Portocarrero, C., (2013). Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, Southern Peruvian Andes. <i>The Cryosphere</i> 7, 103–118.</li><li>▪ Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., &amp; Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. <i>Earth-Science Reviews</i>, 89(3–4), 79–96. <a href="http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002">http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002</a></li></ul>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suarez, W., Macedo, N., Montoya, N., Arias, S., Schauwecker, S., Huggel, C., ... Condom, T. (2015). Balance energético neto (2012-2014) y evolución temporal del nevado Quisoquipina en la región de Cusco (1990-2010). <i>Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA</i>, 1(4), 80–92.</li> </ul>
--	---

<b>SEMANA 5 y 6</b>	<b>UNIDAD 3: PERCEPCIÓN REMOTA</b>
Competencia	Conoce la importancia de la percepción en el estudio de la Criósfera y glaciares y aprende su uso.
Conceptual	Definición general de la percepción remota, imágenes vinculadas a hielo y nieve, tipos de imágenes, determinación de uso de imágenes, cálculo del área y volumen glaciar, determinación de equivalente en agua producido por el glaciar.
Procedimental	Analiza las diferentes herramientas disponibles para el análisis de la criósfera mediante el uso de imágenes de satélite y permite calcular parámetros como área y volumen glaciar.
Actitudinal	Valora la importancia de la teledetección y percepción remota en el análisis de evolución de la criósfera.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ames, A., and Francou, B. (1995). Cordillera Blanca, Perú. Glaciares en la Historia. <i>Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines</i> 24, 37-64.</li> <li>Autoridad Nacional del Agua. (2010). <i>Inventario de glaciares de la cordillera Blanca</i>. Huaraz - Perú.</li> <li>Bahr, D. B., Meier, M. F., &amp; Peckham, S. D. (1997). The physical basis of glacier volume-area scaling. <i>Journal of Geophysical Research: Solid Earth</i>, 102(B9), 20355–20362. doi:10.1029/97JB01696.</li> <li>Bhardwaj, A., Joshi, P. K., Snehmani, Sam, L., Singh, M. K., Singh, S., &amp; Kumar, R. (2015). Applicability of Landsat 8 data for characterizing glacier facies and supraglacial debris. <i>International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation</i>, 38(0), 51–64. <a href="http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.011">http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.011</a></li> <li>Burns, P., &amp; Nolin, A. (2014). Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. <i>Remote Sensing of Environment</i>, 140, 165–178. doi:10.1016/j.rse.2013.08.026.</li> <li>CAN, S. G. de la C. A. (2007). <i>¿EL FIN DE LAS CUMBRES NEVADAS? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina</i>. (IRD, Ed.). Lima.</li> <li>Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. ., Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li> <li>Frey, H., Machguth, H., Huss, M., Huggel, C., Bajracharya, S., Bolch, T., Kulkarni, A., Linsbauer, A., Salzmann, N., Stoffel, M., 2014. Ice volume estimates for the Himalaya–Karakoram region: evaluating different methods. <i>The Cryosphere</i>, in press.</li> <li>Radić, V., &amp; Hock, R. (2006). Modeling future glacier mass balance and volume changes using ERA-40 reanalysis and climate models: A sensitivity study at Storglaciären, Sweden. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 111(F3), F03003. <a href="http://doi.org/10.1029/2005JF000440">http://doi.org/10.1029/2005JF000440</a></li> <li>Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M., Silverio, W., Mark, B.G., Burns, P., Portocarrero, C., (2013). Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, Southern Peruvian Andes. <i>The Cryosphere</i> 7, 103–118.</li> <li>Silverio, W., &amp; Jaquet, J. M. (2005). Glacial cover mapping (1987-1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery. <i>Remote Sensing of Environment</i>, 95, 342–350. doi:10.1016/j.rse.2004.12.012.</li> <li>Van de Wal, R., &amp; Wild, M. (2001). Modelling the response of glaciers to climate change by applying volume-area scaling in combination with a high resolution GCM. <i>Climate Dynamics</i>, 18, 359–366.</li> </ul>

<b>SEMANA 7</b>	<b>EXAMEN PARCIAL</b>
-----------------	-----------------------

<b>SEMANA 8 y 9</b>	<b>UNIDAD 4: MONITOREO DE LA CRIÓSFERA</b>
Competencia	Reconoce los diferentes métodos de monitoreo hidrológico y climático de la Criósfera y aprende su uso.
Conceptual	Concepto de una red de monitoreo del hielo, balizas, estaciones climáticas e hidrológicas en zonas de montaña.
Procedimental	Identifica las diferentes metodologías y equipos existentes en la actualidad para evaluar la climatología, glaciares e hidrología en zonas de montaña.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS



Actitudinal	Valora el trabajo de instrumentación hidrológica, glaciológica y climática en la criósfera y mayor parte de las cabeceras de cuenca en altitud mayor a 4800 msnm.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"><li>Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. , Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li></ul>

SEMANA 10 y 11	UNIDAD 5: RIESGO GLACIAR
Competencia	Conoce el riesgo existente en las zonas glaciares y periglaciares así como su impacto en la sociedad.
Conceptual	Concepto general de riesgo glaciar, casos mundiales de riesgo, contexto peruano, evaluación del riesgo glaciar.
Procedimental	Analiza los diferentes riesgos vinculados a los glaciares, permafrost y entorno glaciar, además su relación con la sociedad.
Actitudinal	Valora el importante papel de los glaciares y su entorno en las tragedias nacionales y la importancia de su prevención.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"><li>Ames, A., and Francou, B. (1995). Cordillera Blanca, Perú. Glaciares en la Historia. Bulletin de l'Institut Français de la Montagne 24, 37-64.</li><li>Autoridad Nacional del Agua. (2010). <i>Inventario de glaciares de la cordillera Blanca</i>. Huaraz - Perú.</li><li>Bhardwaj, A., Joshi, P. K., Snehmani, Sam, L., Singh, M. K., Singh, S., &amp; Kumar, R. (2015). Applicability of Landsat 8 data for characterizing glacier facies and supraglacial debris. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 38(0), 51–64. <a href="http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.011">http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.011</a></li><li>Centro Nacional de Estimación, Prevención Y Reducción del Riesgo de Desastres – Cenepred (2014) Manual de Evaluación de Riesgos Fenómenos Naturales V2.</li><li>Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. , Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li><li>Huggel, C., W. Haeberli, A. Käab, D. Bieri, and S. Richardson.(2004) "An Assessment Procedure for Glacial Hazards in the Swiss Alps." <i>Canadian Geotechnical Journal</i> 41 : 1068-83.</li><li>Reynolds Geo-Sciences Ltd (2003) Development of glacial and risk minimisation protocols in rural environments - Methods of glacial hazard assessment and management in the Cordillera Blanca, Peru.</li><li>Schneider, D., C. Huggel, A. Cochachin, S. Guillén, J. García (2014) Mapping hazards from glacial lake outburst floods based on modelling of process cascades at Lake 513, Carhuaz, Peru. <i>Adv. Geosci.</i>, 35, 145–155, 2014.</li></ul>

SEMANA 12 y 13	UNIDAD 6: MODELIZACIÓN HIDRO GLACIAR
Competencia	Conoce las diferentes aproximaciones para determinar el aporte de los glaciares y la nieve así como el funcionamiento hidrológico de la Criósfera.
Conceptual	Teoría general de la modelización hidro glaciar, tipos de modelo, modelo grado-día, modelo de balance energético, modelos hídricos, recursos hídricos de origen glaciar y nival.
Procedimental	Analiza la relación entre la hidrología clásica y el componente glaciar, determina y evalúa los diferentes modelos usados para conocer los aportes de los glaciares y la nieve.
Actitudinal	Valora la importancia de la parte glacial y nival en las zonas alto andinas así como reconoce el importante rol de estos a nivel mundial en los recursos hídricos.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"><li>Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. , Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li><li>Condom, T., Escobar, M., Purkey, D., Pouget, J. C., Suarez, W., Ramos, C., ... Gomez, J. (2012). Simulating the implications of glaciers' retreat for water management: a case study in the Rio Santa basin, Peru. <i>Water International</i>.</li><li>Hock, R. (2003). Temperature index melt modelling in mountain areas. <i>Journal of Hydrology</i>, 282(1–4), 104–115. <a href="http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00257-9">http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00257-9</a></li><li>Hock, R. (2005). Glacier melt: a review of processes and their modelling. <i>Progress in Physical Geography</i>, 29(3), 362–391.</li><li>Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. <i>Bulletin of the American</i></li></ul>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



	<p>Meteorological Society, 77(3), 437–471. <a href="http://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077&lt;0437:TNYRP&gt;2.0.CO;2">http://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077&lt;0437:TNYRP&gt;2.0.CO;2</a></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Radić, V., &amp; Hock, R. (2006). Modeling future glacier mass balance and volume changes using ERA-40 reanalysis and climate models: A sensitivity study at Storglaciären, Sweden. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 111(F3), F03003. <a href="http://doi.org/10.1029/2005JF000440">http://doi.org/10.1029/2005JF000440</a></li> <li>▪ Schaeffli, B., Hingray, B., Niggli, M., &amp; Musy, A. (2005). Sciences A conceptual glacio-hydrological model for high mountainous catchments, 95–109.</li> <li>▪ Schaeffli, B., &amp; Huss, M. (2011). Integrating point glacier mass balance observations into hydrologic model identification. <i>Hydrology and Earth System Sciences</i>, 15(4), 1227–1241. <a href="http://doi.org/10.5194/hess-15-1227-2011">http://doi.org/10.5194/hess-15-1227-2011</a></li> <li>▪ Sicart, J. E., Hock, R., &amp; Six, D. (2008). Glacier melt, air temperature, and energy balance in different climates: The Bolivian Tropics, the French Alps, and northern Sweden. <i>Journal of Geophysical Research</i>, 113(D24), D24113. <a href="http://doi.org/10.1029/2008JD010406">http://doi.org/10.1029/2008JD010406</a></li> <li>▪ Wagnon, P., Ribstein, P., Kaser, G., &amp; Berton, P. (1999). Energy balance and runoff seasonality of a Bolivian glacier. <i>Global and Planetary Change</i>, 22(1–4), 49–58. <a href="http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(99)00025">http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(99)00025</a></li> </ul>
--	--

SEMANA 14 y 15	UNIDAD 7: CAMBIO CLIMÁTICO
Competencia	Conoce los diferentes periodos glaciares y sus ciclos como también el retroceso actual de los glaciares y cambios de la Criósfera mediante el uso de modelos de cambio climático.
Conceptual	Análisis de los últimos periodos glaciares del planeta, dinámica actual del retroceso glaciar en el Perú, los modelos del IPCC sobre el cambio climático, el futuro de los glaciares y la Criósfera en el Perú.
Procedimental	Identifica la importancia del conocimiento de los procesos glaciares que pasaron en el planeta, su relación con el actual retroceso y analiza el futuro de la criósfera.
Actitudinal	Reconoce el impacto real del cambio climático en los entornos de criósfera y especialmente en los glaciares mundiales y analiza el futuro de estos.
Bibliografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. , Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.</li> <li>▪ Condom, T., Escobar, M., Purkey, D., Pouget, J. C., Suarez, W., Ramos, C., ... Gomez, J. (2012). Simulating the implications of glaciers' retreat for water management: a case study in the Rio Santa basin, Peru. <i>Water International</i>.</li> <li>▪ Chevallier, P., Pouyau, B., Suarez, W., &amp; Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropical Andes: Glaciers and water resources. <i>Regional Environmental Change</i>, 11(SUPPL. 1), 179–187.</li> <li>▪ Van de Wal, R., &amp; Wild, M. (2001). Modelling the response of glaciers to climate change by applying volume-area scaling in combination with a high resolution GCM. <i>Climate Dynamics</i>, 18, 359–366.</li> <li>▪ Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., &amp; Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. <i>Earth-Science Reviews</i>, 89(3–4), 79–96. <a href="http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002">http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002</a></li> <li>▪ Van de Wal, R., &amp; Wild, M. (2001). Modelling the response of glaciers to climate change by applying volume-area scaling in combination with a high resolution GCM. <i>Climate Dynamics</i>, 18, 359–366.</li> </ul>

<b>SEMANA 16</b>	<b>EXAMEN FINAL Y EXPOSICIÓN DE TRABAJOS</b>
------------------	--

**V. METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE**

Las clases serán de forma activa promoviendo el aprendizaje y pensamiento crítico de los estudiantes, para tal efecto, adicionalmente a las lecturas previas, se proporcionara material de investigación, se formaran grupos de discusión para algunos temas. Las clases teóricas se desarrollan propiciando constantemente la participación activa y colaborativa de los estudiantes, entendiendo que el alumno es el centro del



aprendizaje y el docente el facilitador. Las clases prácticas son en el laboratorio y visitas a plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los alumnos, con orientación del profesor, desarrollarán un trabajo semestral en grupos sobre un estudio hidrológico de una cuenca asignada por el profesor del curso. El trabajo debe plasmar todos los aspectos temáticos desarrollados en el curso y serán expuestos de acuerdo a una programación, antes de finalizar el semestre.

## VI. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se aplicará el sistema de normas establecidas en el Reglamento de Evaluación Académica de la Universidad. Para aprobar se requiere el 70% de asistencia a clases. La nota mínima aprobatoria es de 14, considerando el medio punto a favor del alumno.

Competencias	Metodología	Ponderación	Criterios de evaluación
Conceptuales	Examen parcial y examen final	40%	Evaluación teórica - práctica
Procedimentales	Trabajos encargados	40%	Exposición oral y escrita
Actitudinales	Valoración de actitud y participación	20%	Puntualidad, responsabilidad, actitud y participación
Total		100%	

## VII. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

- El estudiante deberá respetar el Claustro Universitario, observando un comportamiento digno acorde con la institución universitaria, bajo lineamientos de respeto, solidaridad, libertad y dignidad.
- El estudiante deberá respetar el horario de clases, para lo cual se han establecido los siguientes parámetros de asistencia: Tolerancia de 15 minutos como máximo para su ingreso al aula. Pasados los 15 minutos el ingreso a clases será con permiso del docente.
- La acumulación de 30% de inasistencias totales en cada clase imposibilita al estudiante de ser evaluado en el Examen Final, correspondiéndole un calificativo de CERO.
- El profesor del curso firmará una bitácora de asistencia a clases y consignará el tema desarrollado.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ames, A., and Francou, B. (1995). Cordillera Blanca, Perú. Glaciares en la Historia. Bulletin de l'Institut Français de la Montagne 24, 37-64.
2. Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Inventario de glaciares de la cordillera Blanca*. Huaraz - Perú.
3. Bahr, D. B., Meier, M. F., & Peckham, S. D. (1997). The physical basis of glacier volume-area scaling. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B9), 20355–20362. doi:10.1029/97JB01696.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



4. Bhardwaj, A., Joshi, P. K., Snehmani, Sam, L., Singh, M. K., Singh, S., & Kumar, R. (2015). Applicability of Landsat 8 data for characterizing glacier facies and supraglacial debris. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38(0), 51–64. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.011>
5. Burns, P., & Nolin, A. (2014). Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. *Remote Sensing of Environment*, 140, 165–178. doi:10.1016/j.rse.2013.08.026.
6. CAN, S. G. de la C. A. (2007). ¿EL FIN DE LAS CUMBRES NEVADAS? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina. (IRD, Ed.). Lima.
7. Chevallier, P., Pouyaud, B., Suarez, W., & Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropical Andes: Glaciers and water resources. *Regional Environmental Change*, 11(SUPPL. 1), 179–187.
8. Centro Nacional de Estimación, Prevención Y Reducción del Riesgo de Desastres –Cenepred (2014) Manual de Evaluación de Riesgos Fenómenos Naturales V2.
9. Cogley, J. G., Hock, R., Rasmussen, L. a., Arendt, A. ., Bauder, A., Braithwaite, R. J., ... Zemp, M. (2011). Glossary of glacier mass balance and Related Terms (Technical Documents in Hydrology No. 86). Paris.
10. Condom, T., Escobar, M., Purkey, D., Pouget, J. C., Suarez, W., Ramos, C., ... Gomez, J. (2012). Simulating the implications of glaciers' retreat for water management: a case study in the Rio Santa basin, Peru. *Water International*.
11. Frey, H., Machguth, H., Huss, M., Huggel, C., Bajracharya, S., Bolch, T., Kulkarni, A., Linsbauer, A., Salzmann, N., Stoffel, M., 2014. Ice volume estimates for the Himalaya–Karakoram region: evaluating different methods. *The Cryosphere* , in press.
12. Hock, R. (2003). Temperature index melt modelling in mountain areas. *Journal of Hydrology*, 282(1–4), 104–115. [http://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00257-9](http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00257-9)
13. Hock, R. (2005). Glacier melt: a review of processes and their modelling. *Progress in Physical Geography*, 29(3), 362–391.
14. Garreaud, R., Vuille, M., & Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194(1–3), 5–22. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00269-4](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00269-4)
15. Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., & Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3–4), 180–195. <http://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>
16. Huggel, C., W. Haeberli, A. Kääh, D. Bieri, and S. Richardson.(2004) "An Assessment Procedure for Glacial Hazards in the Swiss Alps." *Canadian Geotechnical Journal* 41 : 1068-83.
17. Jansson, P., Hock, R., & Schneider, T. (2003). The concept of glacier storage: a review. *Journal of Hydrology*, 282(1–4), 116–129. [http://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00258-0](http://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00258-0)
18. Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(3), 437–471. [http://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
19. Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J. L., ... Wagnon, P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: A multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *Cryosphere*, 7(1), 81–102.
20. Radić, V., & Hock, R. (2006). Modeling future glacier mass balance and volume changes using ERA-40 reanalysis and climate models: A sensitivity study at Storglaciären, Sweden. *Journal of Geophysical Research*, 111(F3), F03003. <http://doi.org/10.1029/2005JF000440>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS HÍDRICOS**



21. Reynolds Geo-Sciences Ltd (2003) Development of glacial and risk minimisation protocols in rural environments - Methods of glacial hazard assessment and management in the Cordillera Blanca, Peru.
22. Salzmann, N., Huggel, C., Rohrer, M., Silverio, W., Mark, B.G., Burns, P., Portocarrero, C., (2013). Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, Southern Peruvian Andes. *The Cryosphere* 7, 103–118.
23. Schneider, D., C. Huggel, A. Cochachin, S. Guillén, J. García (2014) Mapping hazards from glacial lake outburst floods based on modelling of process cascades at Lake 513, Carhuaz, Peru. *Adv. Geosci.*, 35, 145–155, 2014.
24. Silverio, W., & Jaquet, J. M. (2005). Glacial cover mapping (1987-1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 95, 342–350. doi:10.1016/j.rse.2004.12.012.
25. Schaefli, B., Hingray, B., Niggli, M., & Musy, A. (2005). Sciences A conceptual glacio-hydrological model for high mountainous catchments, 95–109.
26. Schaefli, B., & Huss, M. (2011). Integrating point glacier mass balance observations into hydrologic model identification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(4), 1227–1241. <http://doi.org/10.5194/hess-15-1227-2011>
27. Sicart, J. E., Hock, R., & Six, D. (2008). Glacier melt, air temperature, and energy balance in different climates: The Bolivian Tropics, the French Alps, and northern Sweden. *Journal of Geophysical Research*, 113(D24), D24113. <http://doi.org/10.1029/2008JD010406>
28. Suarez, W., Macedo, N., Montoya, N., Arias, S., Schauwecker, S., Huggel, C., ... Condom, T. (2015). Balance energético neto (2012-2014) y evolución temporal del nevado Quisoquipina en la región de Cusco (1990-2010). *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, 1(4), 80–92.
29. Suarez, W., Chevallier, P., Pouyaud, B., & Lopez, P. (2008). Modelling the water balance in the glacierized Parón Lake basin ( White Cordillera , Peru ), 53(August), 266–277.
30. Van de Wal, R., & Wild, M. (2001). Modelling the response of glaciers to climate change by applying volume-area scaling in combination with a high resolution GCM. *Climate Dynamics*, 18, 359–366.
31. Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., & Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89(3–4), 79–96. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>
32. Wagnon, P., Ribstein, P., Kaser, G., & Berton, P. (1999). Energy balance and runoff seasonality of a Bolivian glacier. *Global and Planetary Change*, 22(1–4), 49–58. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181\(99\)00025](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(99)00025)