

FACIES HIDROESPACIALES DE LA REGION DE ANTOFAGASTA  
ZONA DESERTICA DEL NORTE DE CHILE

*Francisco J. Ferrando A.\**

---

\* Geógrafo-Hidrogeomorfólogo



## I. INTRODUCCIÓN

Con motivo de investigaciones hidrológico-ambientales a nivel nacional, y ante las deficiencias presentadas por las clasificaciones hidrológicas existentes (CORFO y DGA), se diseñó en 1991 y aplicó en Chile un sistema denominado “Clasificación Hidrodinámica” (Ferrando, 1993), en el cual se considera una serie de parámetros tales como zona climática, origen y destino de las aguas, tipo de escurrimiento, régimen, rango de superficie, compacidad, pendiente media, y si se trata de una cuenca o un sistema de ellas.

En una segunda etapa, se ha buscado llevar este nuevo sistema de clasificación hidroespacial al nivel regional, de cuyo diseño y aplicación se entregan en este documento los resultados obtenidos en la Región de Antofagasta, una de las más áridas del norte de Chile.

En este contexto, este estudio hidrológico de la región busca determinar y delimitar Facies Hidrológicas, como una nueva forma de representar las diferencias intraregionales en cuanto a los aspectos hidromorfológicos, e hidrodinámicos ligados al comportamiento potencial.

Para ello se reconoció y cartografió unidades hidroespaciales homogéneas, en función de factores tanto cualitativos como cuantitativos, dado que se carece de una base de datos hidricos suficiente y equivalente para cada uno de los organismos hidrológicos (caudales, períodos de altas y bajas aguas medias, crecidas y estiajes, etc.), así como de información documentada respecto de regímenes y temporalidad del escurrimiento.

Lo anterior se explica en función de la escasísima cantidad de estaciones fluviométricas en esta Región, así como de su localización, última que responde a necesidades de proyectos específicos (puntos medios de cursos de agua). Dado ello, sus datos no satisfacen los requerimientos de estudios hidrológicos, situación que se repite en la totalidad de las regiones de Chile y que es común a otros países americanos.

En este estudio se utiliza el concepto de facies ya que, más allá de terminologías exclusivamente morfográficas, aquí se consideran aspectos dinámicos asociados al comportamiento hídrico en relación con las características de las cuencas.

## II. FUNDAMENTOS GENERALES

Es evidente que las características que presente el escurrimiento de las aguas está íntimamente asociado a las características de las componentes del medio físico drenado, a los tipos, montos y distribución de la alimentación que ingrese al sistema, y a la distribución de las temperaturas. Además, la acción incesante del drenaje sobre la morfología lo elevan a la categoría de las fuerzas exógenas que trabajan ocasionando la erosión y el rebajamiento de la superficie del terreno. Dicha dinámica del drenaje es, por lo tanto, considerada como un agente erosivo complejo.

A este respecto, y dado que la disponibilidad de información a nivel de las unidades hidroespaciales determinadas a escala regional es muy escasa, principalmente en cuanto a datos de caudal o de precipitación media por ejemplo, se recurre a otras metodologías que, en forma indirecta, permiten caracterizar hidrodinámicamente estos sistemas de drenaje, a fin de determinar el grado de homogeneidad integral que puedan presentar. En este sentido, se plantea aquí una metodología que considera indicadores propios de ciertas ramas de la geografía física, como son la Hidrogeomorfología y la Morfometría.

De este modo, en función de las variables claves seleccionadas es posible determinar unidades espaciales que, caracterizadas estructural y dinámicamente, permiten agrupar y definir facies homogéneas a nivel regional.

## III. OBJETIVOS

–*GENERAL*: Distinguir, delimitar y caracterizar Facies Hidroespaciales a nivel regional desde un punto de vista estructural y dinámico, a fin de generar subdivisión o agrupamiento de Cuencas, Subcuencas, Microcuencas y/o Areas de Drenaje Elemental, de acuerdo a antecedentes tanto cualitativos como cuantitativos específicamente seleccionados con este fin, tomando en cuenta la disponibilidad a nivel nacional de información hidrológica.

### –*ESPECÍFICOS*:

- Diferenciar y delimitar cartográficamente los sistemas hidrológicos principales y su subdivisión en unidades hidroespaciales menores.

- Determinar las características hidromorfométricas e hidrodinámicas de las unidades hidroespaciales diferenciadas.
- Generar agrupamientos de unidades hidroespaciales en Facies de acuerdo a sus rasgos de homogeneidad estructural y dinámica.
- Determinar las características de cada Facies Hidroespacial.

#### IV. METODOLOGÍA

La metodología implementada contempla como herramienta básica y fuente de información las Cartas Topográficas regulares, escala 1:250.000 en proyección U.T.M. Sin embargo, estas presentan deficiencias de información de acuerdo a los requerimientos.

Dichas deficiencias, considerando la escala de trabajo y los objetivos planteados, se refieren a una escasa representación de la red hidrográfica, a lo inexacto de la extensión de los cuerpos de hielo, y a la restringida toponimia entre otras.

Considerando estas restricciones, se ha estructurado la siguiente metodología, a fin de cumplir con los objetivos planteados.

##### IV.1. PASOS METODOLÓGICOS

1. Completación del trazado de la red hidrográfica y determinación de las divisorias de cuencas, subcuencas y microcuencas.
2. Análisis cartográfico y Determinación de las categorías de Unidades Hidroespaciales a diferenciar dentro de los Sistemas Hidrológicos Principales.
3. Confección de la Carta de Unidades Hidroespaciales a nivel regional (escala 1:250.000) mediante la aplicación de las categorías definidas a las Cartas Topográficas. Determinación y asignación número identificadorio.
4. Digitalización (ROOTS), de la Carta Regional de Unidades Hidroespaciales.
5. Análisis de las características cuantitativas o cualitativas de las variables condicionadoras del comportamiento hidrológico a fin de procurar el agrupamiento de las unidades hidroespaciales en conjuntos homogéneos llamados Facies.
6. Traspaso de los archivos de ROOTS (formato vectorial) al SIG IDRISI (formato raster) para su reclasificación según las facies hidroespaciales resultantes.
7. Generación de la cartografía de síntesis por facies hidroespaciales.
8. Preparación de informe técnico conteniendo los pasos metodológicos y la descripción de los resultados obtenidos.

## IV.2 INFORMACIÓN OBTENIDA

De acuerdo a lo expuesto, los antecedentes considerados en la ejecución del análisis y caracterización hidrológica de esta Región fueron extraídos en gran medida de las Cartas Topográficas tanto Regulares como Preliminares 1:250.000.

De ellas se obtuvieron:

- Datos brutos tales como alturas máximas y mínimas, superficies y extensión de los cursos de agua principales.
- Datos cualitativos para el establecimiento de la categoría hidroespacial.
- Antecedentes interpretativos (Tipo y distribución de las Precipitaciones, Exposición, etc.) para el establecimiento del régimen predominante y temporalidad del escurrimiento.
- Datos para el cálculo de la pendiente media de cada unidad hidroespacial según rangos predefinidos por umbrales de procesos.

En base a estos antecedentes se procedió a los análisis e interpretaciones hidrológicas a fin de caracterizar de cada una de las unidades hidroespaciales de la región para su posterior agrupación en Facies.

## V. UNIDADES HIDROESPACIALES

De acuerdo a los antecedentes arrojados por el análisis de la cartografía topográfica e indicados previamente, y teniendo en consideración aspectos de localización, exposición, desarrollo, topografía y características propias de la red de drenaje al interior de cada Sistema Hidrológico Principal, se configura para esta Región de Antofagasta la siguiente tipología de unidades hidroespaciales:

### V.1. UNIDADES HIDROESPACIALES GENERALES

–*Subcuencas Principales (SP)*: Sistemas hidrológicos que por su superficie y localización en las nacientes o cabeceras de las grandes cuencas, se constituyen al confluir en el origen de los cursos de agua principales.

–*Subcuencas Secundarias (SS)*: Sistemas de drenaje de extensión superficial considerable en el contexto de la cuenca principal, pero que constituyen sólo sistemas afluentes de los cursos fluviales principales ya conformados, preferentemente en las secciones media e inferior de estos.

–*Microcuencas (MC)*: Sistemas hídricos de superficies menores, afluentes de cursos principales y secundarios, constituidas por una serie de colectores elementales y/o de segundo orden jerárquico, los que se unen en un curso de agua único antes de alcanzar el exutorio de ella.

–*Microcuencas Indiferenciadas (MI)*: Conjuntos de microcuencas que por su superficie y características similares, así como por su vecindad, son consideradas y delimitadas como una sola unidad hidroespacial.

–*Areas de Drenaje Elemental (ADE)*: Corresponden a sectores que no configuran cuencas propiamente tales, sino que se trata de tramos de vertientes entre sistemas hidrológicos más desarrollados, los cuales son surcados por una serie de drenes elementales que, en forma más o menos paralela, alimentan directamente los cursos de agua principales, es decir, prácticamente no se registran confluencias al interior. Se localizan por lo general en los extremos terminales de las divisorias, y generan formas triangulares o trapezoidales de vertientes irregulares (VI), con una serie variable de entallamientos en el sentido de la pendiente.

En la Depresión Central corresponden a las planicies depositacionales que se extienden hacia ambos lados de los ríos principales, limitadas por divisorias topográficamente poco definidas.

–*Microcuencas Indiferenciadas y Areas de Drenaje Elemental (MI+ADE)*: Sectores donde estos dos tipos de sistemas hidrológicos coexisten, presentando poca extensión areal individual y distribución alternada, o como inclusiones de un sistema en otro, cuya diferenciación generaría una fragmentación excesiva del espacio a esta escala, no justificable por las diferencias hidrodinámicas.

–*Cuencas Menores Litorales (CML)*: Esta categoría ha sido creada para indicar las cuencas litorales, de superficies similares a subcuencas secundarias o a microcuencas, pero que no constituyen afluentes de otros sistemas, sino que drenan directamente al mar.

## V.2 UNIDADES HIDROESPACIALES ESPECÍFICAS

–*Cuenca Endorreica Nacional con Salar (CENS)*: Corresponde a cuencas cerradas principalmente en sectores altiplánicos, aunque también presentes en la Depresión Central, en las que las aguas, cuando registran escurrimiento, desembocan en el sector topográficamente más deprimido, donde por diversos procesos se ha generado una acumulación salina (iluviación superficial), dando origen a un salar.

En el caso de la cuenca endorreica del Salar de Atacama, dada su gran superficie, sus tributarios presentan diferentes categorías hidroespaciales. Por esta razón, a la designación CENS se le antepone la sigla de la unidad hidroespacial correspondiente, Por Ej.: SP-CENS para el caso del Río San Pedro, tributario principal del Salar.

–*Cuenca Endorreica Internacional con Salar (CEIS)*: Situación equivalente a la anterior (CENS), pero donde los límites de la cuenca exceden el límite internacional. Dado que no se dispone de cartografía de los países vecinos, se las ha considerado como endorreicas aunque podría darse el caso que a partir del Salar nacieran cursos de agua en dirección al oriente, lo cual a nivel nacional no tiene mayor trascendencia.

–*Cuenca Endorreica Nacional con Laguna (CENL)*: Esta unidad hidroespacial refleja una situación similar a la de las cuencas endorreicas nacionales con salar, diferenciándose en que los aportes hídricos o la suma de caudales es mayor, permitiendo ello la formación de un ambiente lagunar, generalmente salobre.

–*Cuenca Endorreica Nacional sin Salar o Laguna (CEN)*: En estos casos se trata de cuencas cerradas que registran desde una absoluta carencia de escurrimiento actual (máxima aridez) hasta condiciones de escurrimiento ocasional asociado a una alta permeabilidad y/o alta evaporación de los escasos montos hídricos, lo cual conduce a una pérdida prácticamente total de los exiguoscaudales, incluso antes de alcanzar el fondo de la depresión.

–*Cuenca Endorreica Costera con Salar (CECS)*: Se agrupan bajo esta categoría algunas cuencas cerradas insertas dentro del complejo de relieves que configura la Cordillera de la Costa, los cuales sólo muy ocasionalmente registran precipitaciones, siendo más frecuentes los aportes de humedad provenientes de las nieblas costeras.

Presentan salares en sus partes más bajas, los cuales en parte son heredados de condiciones climáticas más húmedas, al igual que el modelado de los relieves, y en parte producto de la evaporación de humedad proveniente de filtraciones desde la Depresión Central.

–*Cuenca Endorreica Costera sin Salar (CEC)*: Identifica a pequeñas cuencas cerradas o sistemas de ellas, dentro de los relieves de la Cordillera de La Costa, las que carecen absolutamente de escurrimiento así como de acumulaciones salinas de importancia, o que de existir carecen de actividad, por lo que se encuentran cubiertas por mantos detríticos por acción del viento.

## VI. CARTOGRAFÍA DE UNIDADES HIDROESPACIALES

En base a estas categorías hidroespaciales diferenciadas, se procede a generar la Carta de Unidades Hidroespaciales de la Región de Antofagasta, escala 1:250.000, la cual es posteriormente digitalizada y codificada.

Dada la inexistencia de información hidrológica adecuada a las unidades hidroespaciales diferenciadas (caudales, crecidas, estiajes, etc.), en parte por la futilidad de instalar sistemas de registro en cuencas carentes de escurrimiento a niveles registrables, así como por su comportamiento ocasional exacerbado (tipo Ouedes), y a fin de introducir la noción de "Dinámica" desde el punto de vista del análisis del drenaje, se procedió a emplear las características hidrogeomorfológicas de cada uno de los sistemas delimitados como único medio disponible, en el corto plazo, para alcanzar los objetivos propuestos.

Dichas características permiten, mediante su interpretación e interrelación, determinar potenciales tipos de respuesta o reacción frente a la estacional o eventual ocurrencia de precipitaciones líquidas o fusión de nieve, lo cual redundaría en niveles potenciales de "Erosividad" y, más específicamente, en la manifestación concreta del nivel de "Energía de Posición", uno de los Factores Potenciadores de los procesos degradativos.

## VII. ASPECTOS REGIONALES PARTICULARES

Debido a los efectos de la extensión hacia el sur del verano tropical, fenómeno denominado localmente como Invierno Boliviano, el comportamiento de aquellas cuencas de origen altiplánico, andino e incluso preandino, registran comportamientos similares a los Ouedes del Sahara o Huaycos del Perú, es decir, en forma de aluviones violentos con alta carga de sedimentos, por lo que su efecto sobre el paisaje es brutal, provocando cambios en la configuración y modelado de los cauces y en la morfología de las formas deposicionales generadas durante los períodos tanto Glaciales (sector alto-andino) como Pluviales (sector sub-andino) que afectaron esta región durante el Cuaternario

La suma de un paisaje árido y abundante en sedimentos sueltos con un comportamiento torrencial ocasional, como el que caracteriza el desierto chileno, resulta en una de las más agresivas combinaciones que puede actuar sobre el paisaje.

Al respecto, cabe hacer notar que la información que proveen las Cartas Topográficas regulares 1:250.000, en relación con la red hidrográfica, es absolutamente insuficiente para la aplicación de índices caracterizadores de la dinámica y energía erosiva de los sistemas de drenaje, tales como la Densidad de la

Erosión Lineal y el Índice de Torrencialidad. Dado lo señalado, estos índices no han sido considerados.

De acuerdo con lo expuesto, se toman en consideración índices simples, los que permiten obtener del análisis de sus resultados, indicaciones del tipo de comportamiento potencial que es dado esperar de las diferentes unidades hídricas. Dichos índices simples entregan información respecto del factor de forma de las unidades hidroespaciales y de su pendiente media.

Los resultados de dichos índices son relacionados con otras variables, tales como las fuentes de alimentación y su dinámica, el régimen predominante resultante y la temporalidad del escurrimiento, a fin de realizar los análisis correspondientes.

## VIII. DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FACIES HIDROESPACIALES

En base al desarrollo metodológico señalado previamente, se han diferenciado y delimitado las siguientes facies desde el punto de vista hidrológico:

### 1. *Facies cuencas altiplánicas endorreicas de las facies hidroespaciales*

Esta facies está constituida por cinco cuencas de carácter endorreico, tanto nacionales como internacionales, las que recolectan sus aguas por sistemas de drenaje organizados en los faldeos de las altas cumbres volcánicas cuaternarias que las circunscriben. Las máximas alturas de estos relieves superan en la mayoría de los casos los 6000 mts. s.n.m., en tanto que las cotas mínimas oscilan entre los 3690 y los 4200 mts. s.n.m..

Sus regímenes son predominantemente pluvio-nivales, con escaso aporte glacial local, registrando un escurrimiento permanente con altas aguas de verano.

Presentan pendientes medias entre 4° y 6°, siendo muy superiores a estas cifras los valores registrados en las partes medias y cuspidales de los aparatos volcánicos, los que son compensados por los mínimos declives de las partes centrales de estas cuencas, ya que están ocupadas por salares.

### 2. *Facies cuencas altiplánicas endorreicas centro-orientales*

Conforman esta facies un gran número de cuencas endorreicas coalescentes, predominantemente nacionales, las que poseen sus sectores más deprimidos ocupados preferentemente por salares.

Las divisorias aparecen jalonadas local, y principalmente en su sección occidental, por conos volcánicos cuaternarios. El resto de los relieves que divide estas cuencas corresponde a mesetas remanentes de mantos de lavas terciarias. Las alturas máximas van desde 5370 mts. a 6233 mts. s.n.m., en tanto que las mínimas están en  $4000 \pm 200$  mts. s.n.m..

Los regímenes tienen una alimentación predominante de tipo pluvio-nival, y el escurrimiento registra un carácter permanente.

Las pendientes medias en general aparecen incrementadas por la presencia de los relieves volcánicos, sin embargo, gran parte de estas cuencas presenta topografías suaves interrumpidas localmente por escarpes rocosos propios del borde de las mesetas de volcanitas ácidas.

### 3. *Facies cuencas altiplánicas endorreicas meridionales*

Esta facies está integrada por tres cuencas endorreicas nacionales, dos de ellas con presencia de salares y una con acumulación lacustre. Se presentan enmarcadas por cordones montañosos andinos y volcánicos con alturas máximas entre 5066 y 6739 mts. s.n.m.. Las alturas mínimas van entre 3500 y 4300 mts. s.n.m..

Estas cuencas presentan regímenes pluvionivales, en parte con aporte de aguas de fusión glacial, y los componentes del sistema de drenaje tienen escurrimiento de carácter permanente.

En promedio, estas cuencas presentan pendientes suaves, las que no superan los  $3.5^\circ$ , aunque localmente estas suelen ser bastante superiores, principalmente en las laderas de los relieves volcánicos que forman parte de ellas.

### 4. *Facies cuencas prealtiplánicas endorreicas*

Integran esta facies un gran conjunto de cuencas endorreicas, todas ellas con presencia de salar como nivel de base, el cual en dos casos (067A: Salar de Imilac, y 125: Salar de Punta Negra) se presenta al interior de la cuenca. El resto de las cuencas, y que constituye la mayoría forman parte de una gran cuenca endorreica, la cuenca del Salar de Atacama. Dicho salar constituye el nivel de base donde todas ellas desembocan.

La distribución de los sistemas de drenaje tributarios es radial, por lo que sus orígenes se encuentran distribuidos tanto en las cordilleras volcánicas que

marginan el altiplano por el oeste, descendiendo por un gran plateau inclinado de volcánicas terciarias, como en las cordilleras sedimentarias que se desarrollan al occidente de esta gran multicuenca.

Esta diferencia de origen marca diferencias principalmente en las alturas de sus nacientes, así como en la importancia porcentual de la alimentación de fuente nival. Las cuencas cuyo nacimiento está inscrito en los relieves que encierran por el oriente esta gran cuenca presentan alturas máximas sobre 5900 mts. s.n.m., a diferencia de las provenientes de la vertiente oeste, cuyas cotas máximas oscilan entre 2700 y 4400 mts. s.n.m..

El nivel de base general para todas ellas tiene una altura entre 2300 y 2400 mts. s.n.m.. Las dos cuencas ajenas al sistema del Salar de Atacama tienen características similares a aquellas de la vertiente oriental de este.

La totalidad de estas cuencas presenta un régimen pluvio-nival, aunque con una contribución muy variable de las aguas de fusión nival, la cual se incrementa notablemente de oeste a este.

Paralelamente, aquellos sistemas de drenaje con nacimiento en las altas cumbres volcánicas del sector oriental reciben además, aportes menos importantes de aguas de fusión glacial. Los regímenes presentan igual diferenciación en cuanto a la constancia del escurrimiento, predominando los perennes al oriente y los estacionales al poniente.

De igual modo, las pendientes medias varían dentro de un amplio rango, el que va de 1° a 6°. Las mayores pendientes las presentan las cuencas al oriente del Salar de Atacama.

##### 5. *Facies cuencas andinas interiores exorreicas*

Esta facies comprende fundamentalmente el conjunto de microcuencas que configuran la cuenca superior del Río Loa en la sección superior, intra andina, de su valle.

Dichos sistemas de drenaje se organizan en una cordillera volcánica por el oriente, y en una sedimentaria por el occidente. Entre ambas existen diferencias altimétricas considerables. Las cotas máximas de la divisoria Oeste se hallan alrededor de los 4500 mts. s.n.m., en tanto que la divisoria Este presenta alturas de 6000±100 mts. s.n.m..

Predominan los regímenes con alimentación pluvio-nival, registrándose en algunos casos aportes de aguas de fusión glacial. El escurrimiento registra carácter perenne en el 50% de los casos, y estacional a perenne en el resto.

La mayor parte de la facies corresponde a conjuntos de microcuencas indiferenciadas y áreas de drenaje elemental, las que drenan vertientes extensas y poco accidentadas, presentando pendientes medias variables entre 2.3° y 5.9°.

#### 6. *Facies cuencas altiplánicas exorreicas*

Esta facies está constituida por una subcuenca principal y una secundaria, ambas tributarias del Río Loa cercanas a donde este abandona el marco andino con dirección oeste. De dimensiones y desarrollo muy superior a las Cuencas Andinas Interiores, tiene su nacimiento en las altas cumbres volcánicas que conforman el límite internacional. Ambas nacen a una altura de 5496 mts. s.n.m., pero sus exutorios presentan una diferencia de 500 mts., encontrándose una de ellas a 2500 mts. s.n.m. y la otra a 3000 mts. s.n.m..

Presentan un régimen predominantemente pluvio-nival, con recepción de aportes de agua de fusión provenientes de los glaciares que coronan los relieves volcánicos. El escurrimiento es de carácter perenne.

Son cuencas de fuertes pendientes en las secciones superiores, reduciéndose fuertemente estas hacia aguas abajo. En promedio resultan valores entre 4° y 7°.

#### 7. *Facies cuencas preandinas endorreicas*

Esta constituida por un conjunto de siete cuencas endorreicas, de las cuales seis presentan salares. Dichas cuencas se desarrollan en una depresión longitudinal entre dos cordones montañosos que son la prolongación norte de la Cordillera de Domeyko. Presentan alturas máximas que van de 3092 a 4278 m.s. n.m., en tanto que las mínimas van desde 2271 a 3000 m.s.n.m..

Los sistemas de drenaje de estas cuencas endorreicas presentan regímenes principalmente pluviales, aunque algunos inviernos suelen registrarse precipitaciones sólidas en las partes más altas, por lo que pueden recibir el aporte de aguas de fusión nival. En todo caso, dada la escasa continuidad de las precipitaciones, el escurrimiento tiene un carácter de dudosa estacionalidad, predominando la tendencia a la ocasionalidad.

El valor medio de las pendientes de estos sistemas hidrológicos es bastante bajo, con valores entre  $0.9^\circ$  y  $2.0^\circ$ , lo cual es reflejo de las pocas considerables diferencias altimétricas interiores.

#### 8. *Facies cuencas pedemontanas endorreicas*

Esta facies comprende un total de seis cuencas endorreicas, de las cuales tres nacen en la vertiente occidental de los relieves montañosos bajos del Cordón del Millo y culminan en el sector oriental del Salar de Llamara (1ª Región).

Otra de ellas se ubica en la vertiente sur-oriental del extremo sur del Cordón del Millo y sus líneas de drenaje convergen en un salar ubicado en su sector centro-sur. Estas cuencas presentan alturas máximas entre 4100 y 4600 mts. s.n.m., y mínimas de 850 a 990 mts. s.n.m. en el caso de las tres primeras, y de 2450 mts. s.n.m. en la última.

Finalmente, una quinta cuenca endorreica de esta facies corresponde a aquella que nace en las Sierras San Cristobal y de Domeyko, relieves islas orientales pertenecientes a la serie de cordones bajos que pueblan la Depresión Central, y que presenta un salar de pequeñas dimensiones en su sector occidental. Esta presenta una altura máxima de 2433 mts. s.n.m., y una mínima de 691 mts.s.n.m..

Sus regímenes responden a la ocurrencia y distribución de precipitaciones líquidas, y eventualmente sólidas. Presentan escurrimiento de tipo predominantemente estacional, pero con marcada tendencia a la ocasionalidad en aquellas más occidentales.

Las pendientes en general son bajas, variando entre  $2.2^\circ$  y  $4.5^\circ$ , producto de su desarrollo pedemontano.

#### 9. *Facies cuencas exorreicas del piedmont andino*

Integran esta facies un total de veintitres (23) unidades hidroespaciales que corresponden a una amplia gama de categorías, las que van desde microcuencas indiferenciadas y áreas de drenaje elemental hasta subcuencas principales. Todas ellas nacen en la vertiente occidental de cordones montañosos precordilleranos o en los sectores de piedmont bajo. Aunque estos sistemas de drenaje no llegan directamente al mar, son tributarios de sistemas exorreicos.

Dada su distribución dispersa dentro del ámbito regional, presentan cotas máximas y mínimas bastante diferentes. Las alturas mayores oscilan entre 1281

mts. y 5045 mts. s.n.m., y los exutorios se distribuyen a alturas entre 690 mts. y 2500 mts. s.n.m..

Los tipos de regímenes que presentan van de pluvio-nivales a pluviales, asociados a la ocurrencia ocasional de precipitaciones. De ahí que, la posibilidad de que registren escurrimiento es de tipo estacional en algunas de las cuencas a ocasional en otras, de acuerdo a la altura media de sus zonas de captación. Incluso es posible la existencia de sectores arreicos.

Las pendientes medias son en general muy suaves, llegando en un sólo caso a superar los 3°. La mayor parte de ellas registra valores entre 2.0° y 3.0°.

#### *10. Facies cuencas orientales exorreicas de la cordillera de la costa*

Se incluyen dentro de esta facies todas aquellas unidades hidroespaciales que se localizan en la vertiente oriente de los relieves principales de la Cordillera de La Costa, y en el piedmont que estos presentan, así como también algunas que presentan parte de su cuenca dentro de los sectores depositacionales que se desarrollan inmediatamente al oriente, y que corresponden a glaciais de sedimentación y pequeños cordones de cerros islas.

Los tipos de sistemas de drenaje son diversos en tamaño, jerarquía y características. Van desde microcuencas hasta subcuencas secundarias, las que tienen un carácter predominante de exorreismo morfológico, ya sea directa o indirectamente. Se incluyen por lo tanto, algunas cuencas que si bien nacen en la vertiente oriental, se extienden hasta el mar. Finalmente, forman parte de esta facies dos cuencas endorreicas insertas en depresiones interiores de la cadena costera.

Las alturas máximas que presentan estos sistemas varían entre 1603 mts. y 3114 mts. s.n.m., altura esta última que corresponde al Co. Vicuña Mackenna, la más alta cumbre de la Cordillera de La Costa. Las alturas más frecuentes corresponden a  $2000 \pm 300$  mts. s.n.m.. En cuanto a las cotas mínimas, estas son muy variables dado que varias de las cuencas desembocan en el mar, así como otras son tributarias de otras cuencas. Estas últimas registran alturas entre 400 y 1050 mts. s.n.m. en sus puntos inferiores. Se exceptúan las dos cuencas endorreicas, cuyas zonas más bajas se hallan a 1250 y 1850 mts. s.n.m..

La posible fuente de alimentación hídrica corresponde al registro de precipitaciones, las cuales tienen un carácter marcadamente ocasional. Sólo la llegada de nieblas costeras provee de cierta humedad a estos sectores, en todo caso insuficiente para generar escurrimiento. Por ello, este último tiene carácter de muy ocasional a arreico.

Las pendientes medias son en general muy débiles, registrándose valores por debajo de los 2°. Dicho valor se incrementa hasta  $\pm 3^\circ$  en los casos de las cuencas exorreicas directas.

### *11. Facies cuencas occidentales exorreicas de la cordillera de la costa*

Esta facies comprende un conjunto de sistemas de drenaje de desarrollo areal menor, los que corresponden principalmente a las categorías de microcuencas y cuencas menores litorales. Estos organizan su colectores primarios en la sección superior de la vertiente occidental de la Cordillera de La Costa, la cual presenta una divisoria de irregular desarrollo.

Los cauces de ellos alcanzan directa o indirectamente el mar, por lo que se los cataloga como morfológicamente exorreicos o exorreicos potenciales.

Las alturas que registran estas cuencas en sus cabeceras varían entre 900 y 2860 mts. s.n.m.. Este amplio rango se debe a que sólo algunas, dado su desarrollo, alcanzan la divisoria principal. Otras en cambio se presentan inscritas sólo en los primeros relieves de la cadena costera.

En los siete casos en que las unidades hidroespaciales integrantes de esta facies tienen el carácter de afluentes, sus confluencias se hallan a alturas que oscilan entre 50 y 1200 mts. s.n.m..

Dada la extremadamente escasa posibilidad de registro de precipitaciones suficientes para generar escurrimiento, se considera como única fuente de humedad la continua presencia de la "camanchaca" (niebla costera muy húmeda). Producto de ello, el régimen se considera como potencialmente pluvial y de muy baja ocurrencia, es decir, de tipo ocasional a arreico. Sólo la presencia de filtraciones de aguas subterráneas genera en contados casos un mínimo escurrimiento estacional en aquellas cuencas de mayor desarrollo en su eje E-O.

Las pendientes medias de estos sistemas son en general suaves, con valores inferiores a los 3°. Sólo en cuatro casos las pendientes oscilan entre 4° y 5°.

### *12. Facies microcuencas exorreicas litorales*

Componen esta facies un total de dieciocho unidades hidroespaciales correspondientes a áreas de drenaje elemental, microcuencas y cuencas menores litorales, todas con carácter de exorreismo morfológico directo, las cuales desarrollan sus cuencas de drenaje en la sección inferior de la vertiente occidental

de la Cordillera de La Costa, estando una gran parte de su superficie constituida por el acantilado costero.

Las alturas máximas que presentan estos sistemas en sus nacientes se distribuyen en un amplio espectro. Cuatro de ellas tienen cotas inferiores a 1000 mts. s.n.m., ocho entre 1000 y 2000 m.s.n.m., y seis entre 2000 y 2669 m.s.n.m..

Dadas las mismas características climáticas que la facies “cuencas occidentales de la Cordillera de La Costa”, es decir, una extremadamente baja posibilidad de registro de lluvias suficientes para generar escurrimiento, siendo la única fuente de humedad la “camanchaca” (niebla costera muy húmeda), el régimen se define como pluvial eventual, es decir, de escurrimiento ocasional a arreico.

Sólo la presencia de filtraciones de aguas subterráneas genera en contados casos un mínimo escurrimiento estacional en aquellas cuencas de mayor desarrollo en su eje E-O.

Dado lo escarpado de los relieves en que se inscriben estos sistemas de drenaje, ellos registran en conjunto los mayores valores de pendiente media. De hecho, 11 de ellas alcanzan valores superiores a los 5°, e incluso 3 superan los 10°. Sólo dos de ellas tienen pendientes ligeramente inferiores a 3°.

### *IX. Cuadro de síntesis*

En el siguiente cuadro se presentan resumidas las características principales de cada una de las facies hidroespaciales diferenciadas.

Dichas características dicen relación con el destino de las aguas, es decir, si existe o no escurrimiento actual o potencial, y si este culmina dentro de la cuenca en que nace o fuera de ella. Una segunda característica dice relación con las alturas máximas y mínimas.

En tercer lugar, se hace diferencia respecto del régimen de alimentación predominante y secundario, para luego incorporar la dimensión temporal de este. Seguidamente se determinan los períodos de altas aguas medias tanto principales como secundarios. Las dos últimas características consideradas dicen relación con la pendiente media de la cuenca y con el nivel de base que recibe o recibiría el escurrimiento.

Al final del texto se presenta un anexo con los nombres de las unidades hidroespaciales que componen cada una de las facies.

Facies	Destino de las aguas	h max. (mts.)	h min. (mts.)	Regimen de alimentación		Temporalidad del Escurrimiento	Altas aguas principales	Altas aguas secundarias	Pendiente media de la Cuenca	Nivel de Base
				Predominante	Secundario					
1	Endorreica	>6.000	3690-4200	Pluvio Nival	Glacial	Permanente	Verano	Primavera	4 a 6º	Salas
2	Endorreica	5370-6233	4000+-200	Pluvio Nival	Glacial	Permanente	Verano	Primavera	2 a 4º	Salares
3	Endorreica	5066-6739	3500-4300	Pluvio Nival	Glacial	Permanente	Verano	Primavera	< 3.5º	Salas y Laguna
4	Endorreica	2700-5900	2350+-50	Pluvio Nival	(Glacial)	Perennes (E) y Estacionales (W)	Verano	Primavera	1 a 6º	Salas
5	Exorreica	4500-6100	?	Pluvio Nival	(Glacial)	Perennes (E) y Estacionales (W)	Verano	Primavera	2.3º a 5.9º	Rio principal
6	Exorreica	5.496	2500-3000	Pluvio Nival	Glacial	Perennes	Verano	Primavera	4 a 7º	Rio principal
7	Endorreica	3092-4278	2271-3000	Pluvial	Nival	Estacional a ocasional	Verano	Primavera	> 1 a 2º	Salares
8	Endorreica	2433-4600	691-2450	Pluvial	Nival	Estacional a ocasional	Verano	Primavera	2.2º a 4.5º	Salares
9	Exorreica	1281-5045	690-2500	Pluvio-Nival a Pluvial	—	Estacional a ocasional y sect. arreico	Verano	Primavera	2 a 3º	Rio principal
10	Exorreica	1603-3114	0-1050	Pluvial	Pp ocultas	ocasionales	Invierno	—	< 2 a 3º	Rio y mar
11	Exorreica	900-2860	0-1200	Pluvial	Pp ocultas	ocasional a arreico	Invierno	—	3 a 5º	Rio y mar
12	Exorreica	1000-2669	0	Pluvial	Pp ocultas	ocasional a arreico	Invierno	—	3 a 10º	mar

## X. RESULTADOS

Como resultado del análisis cartográfico de la red de drenaje, y tomando en consideración las variables seleccionadas para la consecución de los objetivos, se logró en primer lugar una diferenciación de los tipos de unidades hidroespaciales que configuran el contexto hidrológico regional de superficie.

Del análisis de este mosaico hidrológico en base a los parámetros hidrogeomorfológicos e hidrodinámicos asociados, se generó un agrupamiento de las unidades hídricas en 12 facies hidroespaciales, las cuales permiten una clara visión de las características que presentan o pueden presentar los sistemas de drenaje que las integran.

Los resultados obtenidos han permitido la configuración de una carta temática en que se aprecia claramente la distribución intraregional de las facies, lo que viene a representar una diferenciación hidrológica más adecuada que la lograda por los sistemas tradicionales. (Ver Carta de Facies Hidroespaciales II Región).

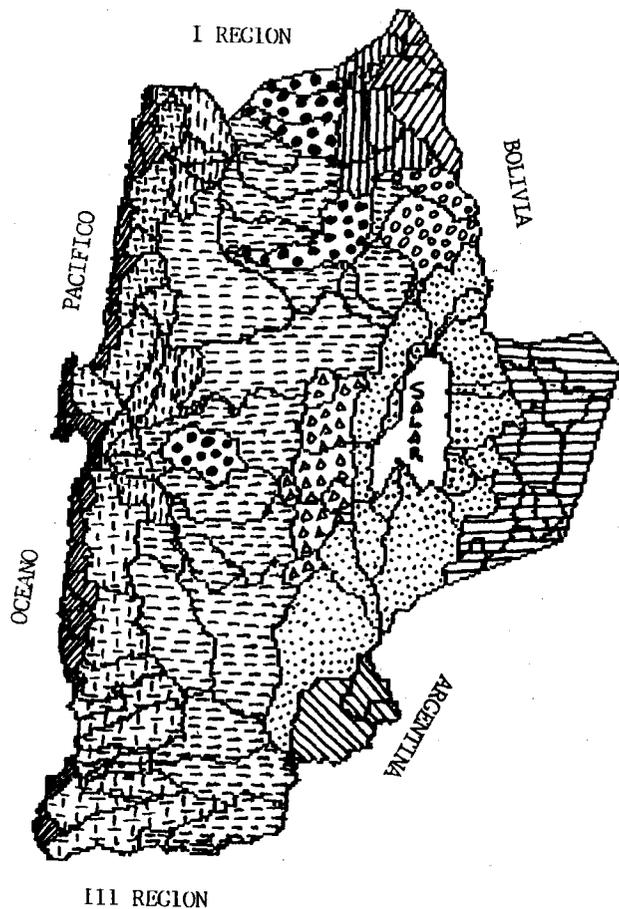
## XI. CONCLUSIONES

La metodología desarrollada permite que regiones con escasa o nula información hidrológica cuantitativa puedan ser caracterizadas desde este punto de vista, requiriéndose para ello sólo la existencia de cartas topográficas y antecedentes climáticos generales.

La aplicación de este sistema de clasificación hidrológica regional, cuyos resultados se presentan en una carta temática acompañada de un texto descriptivo, permite una mejor visualización e interpretación del contexto hidrodinámico de regiones con escasez de estaciones y registros, como ocurre en la mayor parte de nuestros países.

Los resultados alcanzados constituyen una base de datos de gran utilidad para el dimensionamiento y establecimiento de prioridades en el contexto del manejo de cuencas que, por la dinámica potencial de sus componentes hidrológicos, pueden entrañar situaciones de amenaza cuyo desencadenamiento suele generar condiciones de riesgo ante la presencia de asentamientos urbanos, actividades económicas u obras de infraestructura, es decir, en la manifestación concreta de la confrontación medio-hombre.

Desde este punto de vista, los resultados obtenidos y adecuadamente interpretados pueden servir como componente de los criterios que orientan la gestión de la prevención.



LEYENDA

- FACIES 1 
- FACIES 2 
- FACIES 3 
- FACIES 4 
- FACIES 5 
- FACIES 6 
- FACIES 7 
- FACIES 8 
- FACIES 9 
- FACIES 10 
- FACIES 11 
- FACIES 12 

ESCALA APROX.: 1:4.000.000

Carta de facies hidroespaciales II Región

## BIBLIOGRAFÍA

CIONCHI, J. L.

- 1984 Geomorfología Cuantitativa de la Cuenca del Arroyo de Los Padres. En: *Contribuciones Científicas XLVI Semana de Geografía GAEA*. pp. 75-89. Mar del Plata, Argentina.

CHRISTOFOLETTI, A.

- 1969 "Análise morfométrica das bacias hidrográficas". En: *Noticia Geomorfológica*, vol. 9, n° 18, pp. 1- 21, Dez. Depto. de Geografia, Universidade Católica de Campinas (SP), Brasil.

CHRISTOFOLETTI, A.

- 1976 "Capacidade e Competência no Transporte Fluvial". En: *Bol. de Geografia Teórica*, 6(11/12): 67-77. Rio Claro (SP), Brasil.

FERRANDO A., F.

- 1990 "Diagnóstico del Estado Morfodinámico: Importancia en la Implementación de Planes de Manejo de Cuencas Hidrográficas". En: *Actas del XII Congreso de Geografía y III Jornadas de Cartografía Temática*. Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

FERRANDO A., F. J.

- 1992 "La Cuenca Andina del Rio Mapocho, Evaluación de su Dinámica natural y Riesgo Erosivo: Desarrollo Metodológico". En: *Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales*. ICAG. Bogotá, Colombia.
- 1993 "Clasificación Hidrodinámica de Chile". *Cuadernos de Investigación Geográfica*. XVIII/XIX: 57-74. 1992- 1993. Univ. de La Rioja, Logroño, España.
- 1993 "Estado de Equilibrio Morfodinámico: Evaluación de la Dinámica Natural y Amenaza Erosiva en Cuencas Hidrográficas de Montaña". En: *IV Encuentro de Geógrafos de America Latina*. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tomo N° 1 "Geodinámica Ambiental y Riesgos Naturales".

FERREIRA ABDALLA, S. L.

- 1989 "A Morfometria como Técnica Auxiliar na Avaliacao de Recursos Hídricos". En: *Anais do Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente - 2*. Florianópolis. vol. 1, pp 393-401. Brasil.

GRANELL P., María

1991 "Sensibilidade Erosiva da Bacia do Rio Pardinho, RS.". En: *Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

GREGORY, K. J. y WALLINE, D. E.

1973 *Drainage Basin: Form and Process, A Geomorphological Approach*. Ed. Edward Arnold, London.

GONZALEZ G., A. J.

1992 "Avalanche Risk Evaluation at Utica". En: *Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales*. ICAG. Bogotá, Colombia.

OLIVARES, OSCARR.

1990 "Morfometría Fluvial Comparada". En: *Análisis Geográficos*, 2(3): 27-49. Julio-1990. Buenos Aires, Argentina.

ONGLEY, E. D.

1974 "Fluvial Morphometry on the Cover Pediplain". En: *Annals of the Association of the American Geographers*, 6(42): 281-292, June 1974.

USSELMANN, P.

1972 "Carte Géomorphologique et Carte Hydrogéomorphologique au 1/50.000: Le Bassin du Lebrija" (Colombie) Extrait 1/4 S. W.. C.N.R.S., Paris, France. pp. 181-192.