

# Determinación de unidades con deterioro ambiental en el entorno de la Bahía de Quintero ( $32^{\circ} 38'$ y $32^{\circ} 48'$ latitud sur y los $71^{\circ} 28'$ y $71^{\circ} 40'$ longitud oeste)\*

CONSUELO CASTRO A.<sup>1</sup>  
VERONICA POZO T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile. Instituto de Geografía.

<sup>2</sup> Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Unidad SIG

## RESUMEN

*Se definen unidades de paisajes con deterioro ambiental en la zona costera de la Bahía de Quintero. con el fin de proporcionar antecedentes útiles para el manejo territorial del área. Hay condiciones naturales que favorecen este deterioro. pero también se debe agregar la intervención antrópica que en general ha sido atentatoria para el ambiente.*

## SUMMARY

*Landscape units are defined based on the environmental stresses in the coastal zone of Quintero bay. The goal is to provide information for planning and management of the area. There are natural conditions and human actions that are relevant to determine this environmental stresses.*

## INTRODUCCION

Este trabajo entrega los resultados de una investigación cuyo objetivo principal ha sido la determinación de unidades de paisaje con deterioro ambiental en la zona costera de la Bahía de Quintero, con el fin de orientar en el manejo territorial del sector. El área de estudio se localiza en la zona costera de Chile central, en el hinterland de la Bahía de Quintero, aproximadamente entre los  $32^{\circ} 38'$  y los  $32^{\circ} 48'$  Latitud Sur y los  $71^{\circ} 28'$  Y los  $71^{\circ} 40'$  de Longitud Oeste. La superficie que abarca el estudio es de aproximadamente 9.955 ha.

En esta zona existen condiciones naturales que determinan su fragilidad favoreciendo el deterioro ambiental; destacando la irregularidad de las precipitaciones, una escasa cubierta de vegetación, la fragilidad del suelo, los rangos de pendiente que favorecen algunos procesos erosivos. Además, debe agregarse las intervenciones antrópicas en el área, destacándose la utilización industrial (Complejo Industrial Ventanas), el uso urbano, la sobreexplotación de suelos agrícolas, la contaminación atmosférica y de las aguas, entre otras. Estos factores interactúan en el paisaje, generando perturbaciones en el medio natural y modificándolo.

El área se localiza en una zona de transición entre los climas mediterráneo y el semiárido, lo que la convierte en un área vulnerable. Esto se manifiesta en la irregularidad de las precipitaciones, lo que afecta directamente a la vegetación.

Para la determinación de unidades de análisis se utilizó el criterio geomorfológico. Además se establecieron unidades de: vegetación, referidas principalmente a su tipo y cobertura; unidades de erosión, en relación a los tipos de procesos y extensión de los mismos; el uso del suelo y unidades de pendientes.

Se planteó como objetivo general la aplicación de SIG para la determinación de unidades geográficas con deterioro ambiental en la zona costera de la Bahía de Quintero, con el fin de orientar el manejo territorial.

Los objetivos específicos se refieren a:

- Reconocer unidades geográficas sobre la base de criterios geomorfológicos.
- Identificar y localizar las fuentes de contaminación industrial, atmosféricas y aguas servidas presentes en el área.
- Caracterizar los tipos de acción antrópica y su grado de incidencia en el deterioro del medio geográfico. Estas acciones se refieren específicamente al efecto del desarrollo industrial en el área.

\* Proyecto FONDECYT N° 90 - 051.

- Diseño y cartografía de unidades con deterioro ambiental.
- Proponer recomendaciones que propendan al control del deterioro ambiental existente en el área.

### **Criterios geográficos de determinación de unidades con deterioro ambiental**

Los criterios propuestos para la determinación de unidades con deterioro ambiental son los siguientes: reconocimiento de unidades geomorfológicas y de formaciones superficiales; de cobertura de vegetación y de usos del suelo; red de drenaje; definición de unidades de pendientes; de unidades de contaminación y, finalmente, la exposición de las laderas. Estas variables inciden en la morfología del paisaje y la distribución de la contaminación.

Para definir las unidades con deterioro se aplica el procedimiento de cartografía temática analítica como base para la determinación de unidades geográficas con deterioro ambiental. Se relacionaron los parámetros a través de matrices que permitieron la generación de mapas con la distribución espacial de las variables antes mencionadas.

Las unidades con deterioro ambiental fueron definidas como aquellas que presentan riesgo de ser erosionadas y, además, poseen condiciones físicas en relación a la pendiente y la exposición para recibir diferentes niveles de Cu, emanados desde el complejo industrial de Ventanas.

Se efectuó el análisis de relación de las principales variables geográficas, por ejemplo Pendiente/Vegetación para originar la matriz de Erosión Potencial, y también Erosión Potencial/Contaminación para determinar la matriz de deterioro ambiental (Figuras 1 y 2). Se hizo la comprobación del modelo con la realidad de terreno y, finalmente, se generó la cartografía con los resultados (ver mapas).

### **Análisis de relación de las variables geográficas**

Para conocer el deterioro ambiental fue necesario estudiar cómo se interrelacionan los diversos elementos geográficos. Para ello se utilizaron las siguientes variables: Vegetación, Pendiente, Erosión, Exposición, Dirección del viento, Áreas contaminadas por metales pesados (Cu) y la distribución espacial de ellas en el área de estudio.

Un primer aspecto analizado fue la erosión. Se consideró en primer lugar, ya que es un buen indicador para conocer el estado de conservación en que se encuentra un territorio. Si un lugar se encuentra muy erosionado es signo de que los

factores naturales que intervienen en ese medio no lo están haciendo en equilibrio.

Entre los factores que determinan la erosión podemos mencionar: tipos de formaciones superficiales, grado de pendiente, vegetación, características climáticas (vientos y precipitaciones). Se consideró para el análisis que la erosión es el nexo que existe entre la pendiente y la cubierta vegetal. Las precipitaciones, a pesar de ser determinantes en la generación de procesos erosivos, no fueron consideradas como variables por no disponer de datos suficientes para un análisis de detalle.

Otro factor considerado se refiere a los tipos de formaciones superficiales: en el área predominan los derivados de dunas antiguas depositadas sobre rocas graníticas meteorizadas. En estos depósitos la intensidad y la concentración de las precipitaciones favorecen la organización del escurrimiento superficial y generan procesos erosivos (Castro, C., Vicuña, P., 1990).

Existen, además, factores antrópicos que condicionan el grado de erosión del territorio, los cuales están dados por el uso que recibe el suelo y sus características de fragilidad. El uso intensivo para la agricultura de terrenos no aptos combinados con el tamaño pequeño de la propiedad, ha favorecido la pérdida del escaso suelo productivo. La presencia industrial también se ha manifestado a través de la contaminación atmosférica de gases y metales pesados en el suelo, que han dañado profundamente la vegetación, con la consecuencia antes explicada (González, 1992).

Para determinar el grado de erosión potencial del área se confeccionó una matriz (Figura 1). En ella se combinaron los tipos de vegetación y los rangos de pendientes, definidos por las pendientes umbrales, puesto que determinados procesos sólo pueden desarrollarse cuando las pendientes superan un cierto valor mínimo. En consecuencia, el valor de las pendientes es un factor muy importante en la morfogénesis y la inestabilidad del medio natural. Una buena cobertura vegetal puede contrarrestar su influencia (Tricart, 1982).

En el área, el efecto de la vegetación varía en forma proporcional a la biomasa presente; de esta manera la vegetación de bosque impide la erosión tanto eólica como hídrica, aun con pendientes de 30°. Es por esta razón que la erodabilidad es mayor cuando la vegetación varía a matorral denso, a matorral disperso y a pastizales (Mapa N° 1).

En los suelos con uso agrícola, la susceptibilidad a la erosión aumenta por el frecuente laboreo del suelo, el sobrepisoteo y la consiguiente remoción de la vegetación herbácea existente.

Se utilizó una matriz para determinar las áreas con erosión potencial (Figura 1). A partir de ésta,

Figura 1: Matriz de erosión potencial.

Pendiente Vegetación	0 - 1	1 - 5	5 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30
Bosques	N	N	B	B	M	M
Matorral denso	N	N	B	M	M	A
Matorral disperso	N	B	B	M	A	A
Sector agrícola	N	B	M	A	A	A
Vegetación de dunas	N	B	M	A	A	A
Pastizales	N	B	B	M	M	A
Sin vegetación	N	M	A	A	A	A

Categorías de erosión potencial: N =Nula  
 B =Baja  
 M = Media  
 A =Alta

Figura 2: Matriz de deterioro ambiental.

Contaminación erosión	Nula (0 - 276 ppm)	Baja (277 - 500 ppm)	Media (501-1.172 ppm)	Alta (1.173 - 3.395 ppm)	Muy alta (> 3.395 ppm)
Nula	N	B	B	M	A
Baja	B	B	M	M	A
Media	B	M	M	A	M.A.
Alta	M	A	A	M.A.	M.A.

Categorías de erosión potencial: B = Baja  
 M =Media  
 A =Alta  
 MA =Muy Alta

se confeccionó un mapa que representa las áreas con riesgo potencial de erosión. Se determinaron cuatro categorías: alto, medio, bajo y no presenta riesgos. Estas categorías representan la interrelación entre las variables pendiente y vegetación y lo que ocurriría si actuaran al unísono. Por ejemplo, si un sector tiene bosques y una pendiente entre 8 - 15 grados, tiene menos posibilidad de erosionarse que otro sin cubierta vegetal.

En el Mapa N° 1 las áreas con mayor riesgo de erosión se encuentran en las unidades de duna antigua y en las planicies disectadas por el drenaje. La superficie ocupada por estas áreas alcanza al 5,14% de la superficie total.

Llama la atención el predominio de las áreas con un bajo riesgo de erosión; esto tiene relación con las pendientes débiles y la presencia de una cubierta vegetal eficiente que dificulta el desarrollo de procesos erosivos. Estas zonas se localizan de preferencia en la unidad de "planicies con cubierta dunaria", Es importante señalar que riesgo de erosión bajo no significa que ésta no pueda ocurrir si alguno de estos factores se alterara. Los usos humanos en estas unidades no han intervenido directamente en la generación de la erosión, ya que se trata fundamentalmente de pradera naturales y bosques cultivados.

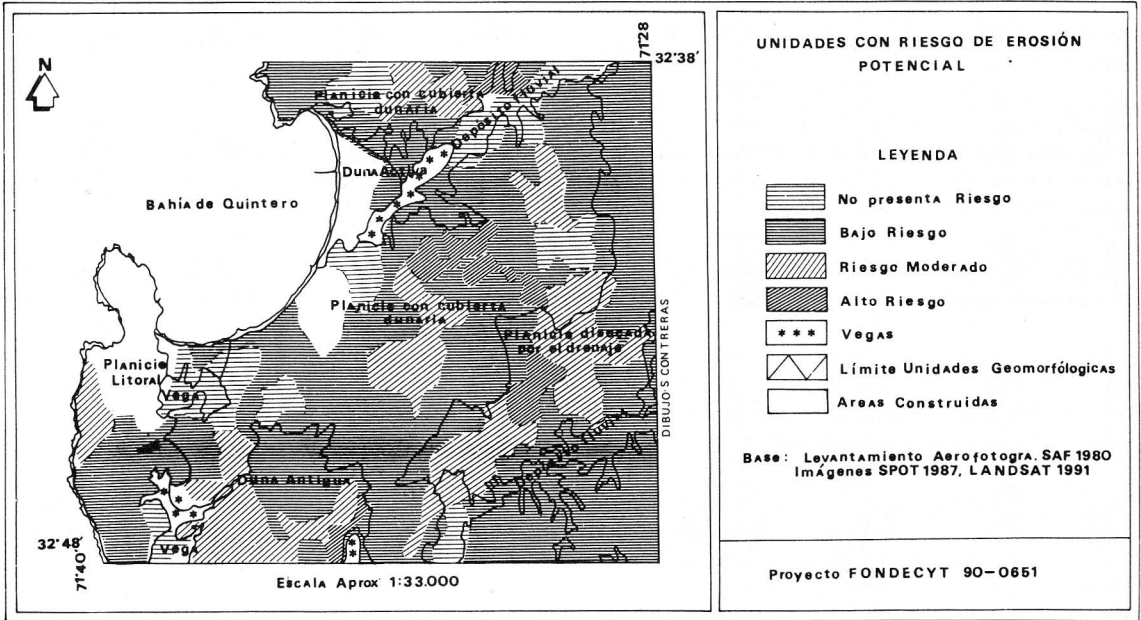
Un segundo aspecto considerado para la obtención de áreas con deterioro ambiental fue la contaminación industrial por metales pesados en el suelo. En el Mapa N° 2 se observa un sector de contaminación muy alta y con valores que sobrepasan las 6.000 ppm de Cu. Esta zona se encuentra en las inmediaciones de la industria, siendo las áreas más afectadas parte de la playa, la vega y la duna activa cercanas al complejo industrial.

El área de las terrazas fluviales del estero de Puchuncaví está visiblemente afectada por distintas concentraciones de cobre, que fluctúan entre los rangos de 500 y 3.000 ppm de Cu; disminuyendo notablemente al distanciarse de la fuente emisora. Caso opuesto es el de las terrazas del estero Pucalán: el contenido del metal en el suelo es bajo y no presenta riesgos para la vegetación (Mapa N° 2).

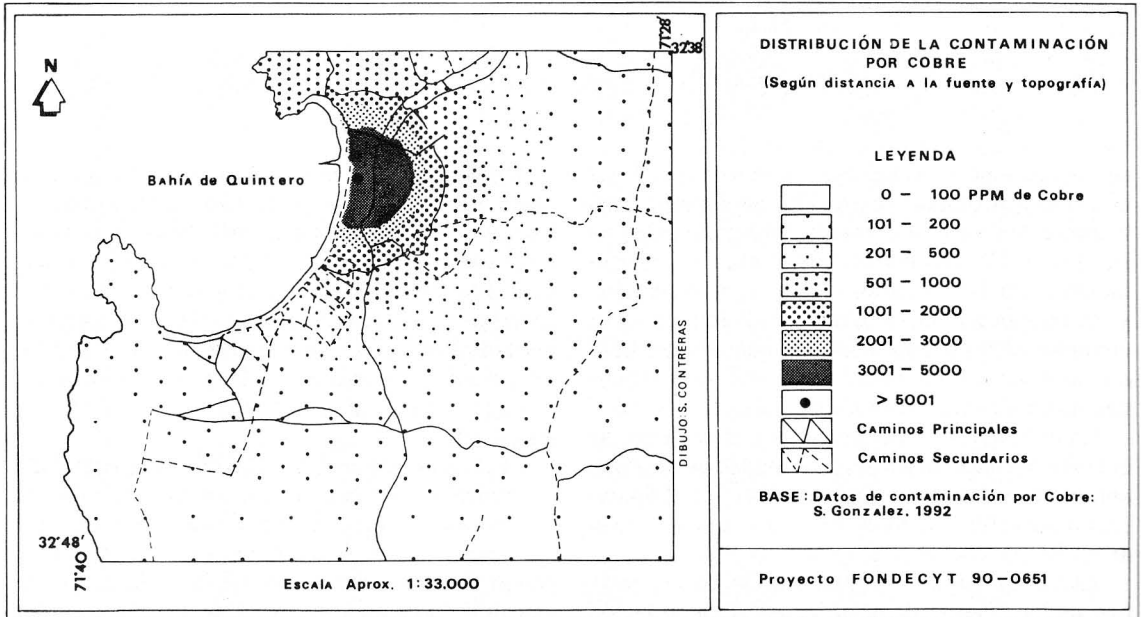
Cabe considerar que la contaminación no es producto del Cu solamente, sino también de gases tales como el SO<sub>2</sub> y los óxidos de nitrógeno (Cussen, R., 1993, comunicación verbal) en la atmósfera, lo que perjudica el crecimiento de las plantas y el aspecto de sus hojas y ramas.

El mapa de distribución de contaminación permitió apreciar que la topografía juega un rol

MAPA N° 1



MAPA N° 2



en la distribución, existiendo mayor concentración en los sectores más abruptos y con pendiente y exposición favorables a la acumulación de contaminantes (Mapa N° 2). La situación contraria se produce cuando la pendiente y la exposición son opuestas a la dirección del viento,

El rango de contaminación que ocupa la mayor superficie en el área es el que fluctúa entre los 205 y 276 ppm de Cu, con un porcentaje de 17,81%. Con el 17,19% de la superficie se en-

cuentra el rango entre 276 y 395 ppm de Cu. Las superficies ocupadas por rangos con niveles de contaminación altos y muy altos alcanzan el 18,35% de la superficie total (Mapa N° 2),

**PRESENTACION DE RESULTADOS**

Considerando la información generada por el modelo de distribución de la contaminación se-

gún las condiciones físicas del terreno, y la entregada en el mapa de erosión potencial, se diseñó la matriz de deterioro ambiental que permitió relacionar las variables mencionadas.

En el área dominan los sectores con deterioro bajo; esto quiere decir que en ellos la pendiente fluctúa entre 1 y 5 grados, poseen una cubierta vegetal de praderas naturales que protegen el suelo e inhiben los procesos erosivos. En estas áreas los niveles de contaminación de cobre varían entre los 128 y 205 ppm, lo cual no afecta el crecimiento de las plantas existentes. Esta categoría de deterioro alcanza una superficie de 47%, localizándose en los sectores este y sur del área (Mapa N° 3).

Por el contrario, las áreas comprendidos por Los Maitenes, Campiche, La Greda y Ventanas presentan deterioro alto y muy alto. Estas se localizan en torno al complejo industrial. La dirección predominante del viento y la exposición sur-oeste favorecen la acumulación de contaminantes. De esta manera, el deterioro está determinado por el alto contenido de cobre en el suelo (2.000 ppm), lo cual influye significativamente el parámetro de evaluación. Además, la cubierta vegetal es escasa, y la presencia de procesos erosivos intensos, como regueras y cárcavas de gran profundidad, son un indicio más del gran deterioro presente. La superficie ocupada por esta categoría alcanza un 18% (Mapa N° 3).

En el valle del estero Pucalán, que es utilizado para la actividad silvoagropecuaria, el deterioro

es bajo, los niveles de contaminación de cobre son de 100-200 ppm. El valle del estero Puchuncaví, en cambio, tiene niveles de contaminación, que varían entre los 1.000 y 3.000 ppm de Cu. Esto se puede explicar porque se encuentra en la dirección del viento predominante y en las inmediaciones de las industrias (Mapa N° 3).

El sector centro-este y sur del área de estudio presenta un bajo nivel de contaminantes en el suelo por encontrarse fuera de la trayectoria de los vientos predominantes.

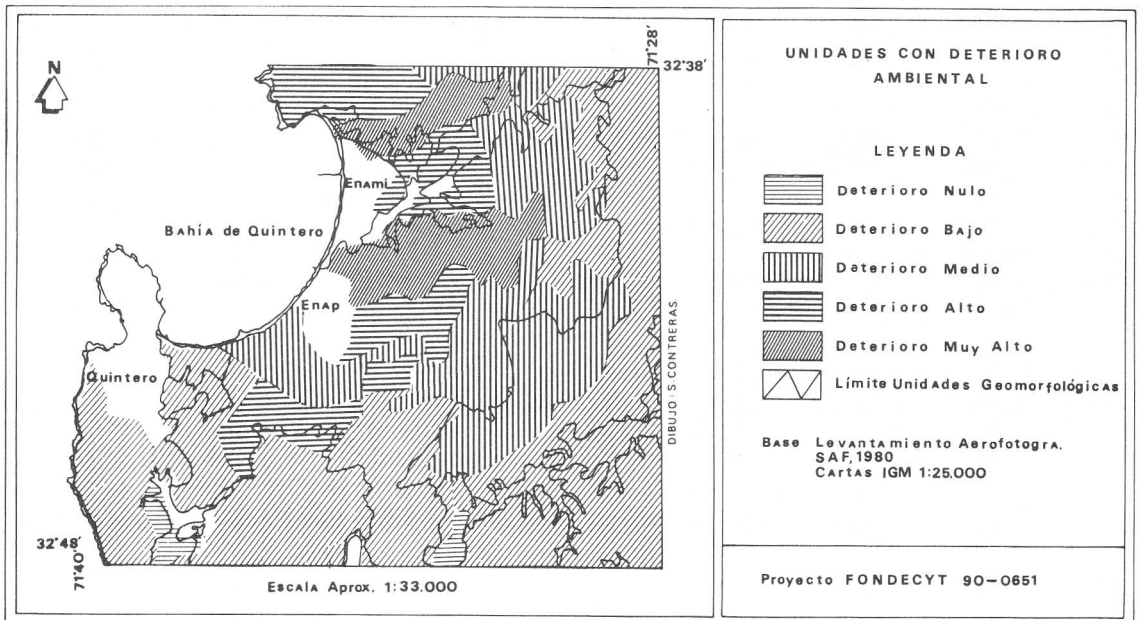
**CONCLUSIONES**

Se puede concluir que el uso de los SIG es una herramienta útil para determinar unidades geográficas con deterioro ambiental. Para esto es necesario definir las variables adecuadas. En este estudio estas son: erosión, vegetación, pendiente, exposición y niveles de contaminación.

Tomando en cuenta los criterios geomorfológicos y las formaciones superficiales para la clasificación del terreno en unidades de análisis, se obtuvo una cartografía base para la relación de éstas con los parámetros de interés ambiental seleccionados.

Se reconocieron, asimismo, unidades vegetacionales de acuerdo a densidad y tipo de cobertura. Se identificaron también los usos del suelo en toda el área en estudio, Entre éstos destacan el uso agrícola, forestal, urbano, industrial y sectores sin un uso aparente,

MAPA N° 3



La utilización de matrices en que se relacionan los parámetros ambientales fue de gran ayuda como marco de referencia e instrumento de ponderación de las interrelaciones de las variables consideradas. Con la información obtenida se generaron los mapas de resultados.

La aplicación de los modelos correspondientes permite obtener una alta correlación con la realidad, lo cual faculta considerarlos como una buena alternativa en el diseño de políticas para el manejo territorial de un área específica.

Este tipo de información permite identificar áreas con deterioro, valorarlas, ponderarlas y a partir de eso recomendar normas de protección y colaboración en el diseño de políticas ambientales.

## BIBLIOGRAFIA

- CASTRO, C. y VICUÑA, P. (1990): "Caracterización de la erosión lineal en planicies costeras de Chile Central", En: Revista de Geografía Norte Grande. 17: 37-45. Instituto de Geografía - Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.
- GONZALEZ, S. E ITE. R. (1992): "Acumulación Metálica en Suelos del Area Bajo Influencia de las Chimeneas Industriales de Ventanas", En: Agricultura Técnica 50 (2): 214-219. abril-junio,
- POZO, VERONICA (1993): "Determinación de Areas con Deterioro Ambiental. Caso de Estudio Bahía de Quintero". Memoria para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago,
- TRICART, J. y KILLIAN, J. (1982): "La Ecogeografía y la ordenación del medio natural", Editorial Anagrama. Barcelona, España.