CATASTRO DE ZONAS APTAS PARA EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LA LANGOSTA DE AGUA DULCE "MARRON" EN EL VALLE DEL CHOAPA, IV REGIÓN DE COQUIMBO, MEDIANTE MODELAMIENTO EN SIG

Alvaro Pacheco Hodges, Manuel Berríos Retamales, Jaime Meruane Zumelsu.
Universidad Católica del Norte
Facultad de Ciencias del Mar
Larrondo Nº1281, Coquimbo,Chile.
Fonos:209731 – 209712,Fax: 51 – 209978
apacheco@ucn.cl

RESUMEN

La IV Región de Coquimbo busca desarrollar el cultivo de especies dulceacuícolas como una manera de incorporar a ella actividades que optimicen el uso del recurso agua, que generen ingresos económicos y además, fuentes de trabajo para sus habitantes.
Este tipo de desafío, requiere ubicar aquellos lugares de la región en donde por sus características geográficas, ambientales y operacionales las especies a cultivar puedan desarrollarse de manera óptima.
Un catastro de esta naturaleza en busca de los citados lugares, realizado de la manera tradicional resulta lento, costoso y en muchos de sus aspectos impracticable, razón por la cual, la Universidad Católica del Norte y la Corporación de Fomento de la Producción CORFO, desarrollaron un proyecto para "prospectar" los valles de la IV Región de Coquimbo,específicamente el valle del Choapa, mediante un modelamiento en Sistemas de Información Geográfica SIG.
En el modelamiento se consideraron condiciones medioambientales y operacionales tales como: climas, recursos hídricos, topografía del terreno, caminos, usos del suelo, población, infraestructura disponible y presencia de plantas mineras.
Las variables medioambientales y operacionales se utilizaron como coberturas temáticas (Shape) y el modelo se basó en la intersección ponderada de polígonos.
Se utilizó como software ArcView 3.2 de ESRI, sus extensiones Spatial Analyst y Model Builder, y como hardware un procesador Pentium IV.
Como resultado el modelamiento jerarquizó a las zonas en tres categorías:
Categoría 1, Categoría 2 y Categoría 3, entregando para cada categoría el número de hectáreas de terreno y su localización geográfica.

ABSTRACT

REGISTER OF ZONES APPROPIATE FOR THE DEVELOPMENT OF FRESH WATER LOBSTER "MARRON" IN THE CHOAPA VALLEY, COQUIMBO IV REGION, BY MEANS OF MODELLING IN SIG

The IV Region of Coquimbo searches to develop the culture of fresh water species as a means to incorporate activities to optimize the use of the water resource that would generate economic incomes and also , constitute a workink labor source for its inhabitants.
This type of challenge requires to locate those spots of the region which for its geographic , environmental and operational characteristics best suit the most favourable conditions to develop these species.
Such a register that looks for the above special condition spots, done in the traditional way, turns out to be slow, expensive and impracticable in many aspects. That is the reason why the Universidad Catolica del Norte and the Corporación de Fomento de la Producción CORFO, developed a proyect in order to "prospect" the valleys of the IV Region from Coquimbo, specifically the Choapa Valley by means of a modelling in Geographic Informatios System SIG.
In the modelling proposed , the following environmental and operational conditions were considered: climate, water resources, land topography, roads, use of lands, population, available infrastructure and presence of mining plants.
The environmental and operational variables were used as Thematic Shapes and the model was based in the ponderable intersection of polygons.The Software used was ArcView 3.2 de Esri. Its extentions Spatial Analyst and Model Builder, and a Pentium IV as hardware.
As a result, the modelling divided 3 zones in terms of hierarchy:
Category 1, Category 2, Category 3,indicating the number of land hectares and its geographic location for them.

INTRODUCCIÓN

El creciente auge de la acuicultura en el mundo se debe a que la demanda de productos pesqueros aumenta cada año y las capturas proveen menos recursos cada vez a raíz del descenso de las poblaciones naturales. La acuicultura, en cambio se constituye como una alternativa de obtención de recursos, segura, estable y de calidad superior a la de recursos capturados del ambiente silvestre.

La Universidad Católica del Norte, a través de su Departamento de Acuicultura ubicado en la Sede de Coquimbo, desde el año 1991 ha investigado el tema del cultivo de la Langosta de Agua Dulce **"**Marron" **(*Cherax tenuimanus*)** en la región de Coquimbo, situándola sin duda en el ámbito nacional como institución líder en lo que respecta al conocimiento y manejo del cultivo del citado recurso.

En la actualidad existen varios planteles en proceso de instalación y además inversionistas en la búsqueda de sectores aptos que les permitan incursionar en esta promisoria y rentable actividad.

Sobre la base de lo expuesto, la Corporación de Fomento de la Producción CORFO, en su calidad de institución destinada a promover y apoyar el desarrollo de empresas productivas en el país, estableció un convenio con la Universidad Católica del Norte para que ésta efectuara a través de un proyecto un catastro de zonas aptas, dentro de la IV Región, para desarrollar el cultivo comercial de la especie introducida Langosta de Agua Dulce "Marrón" (***Cherax tenuimanus***).

La finalidad del catastro fue el buscar zonas que resultasen apropiadas desde la perspectiva de las condiciones medioambientales además, de las condiciones de emplazamiento de estos sectores desde el punto de vista operacional de los empresarios, que permitiesen un buen desarrollo de las especies a cultivar.
La presencia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta al servicio de la investigación científica y tecnológica permiten hoy en día procesar gran cantidad de información de carácter espacial (bases de datos, imágenes satelitales, fotografías aéreas y cartografía digital), tanto para el trazado de excelente cartografía, como para construir complejos modelamientos espaciales tendientes a satisfacer estudios ambientales, ingenieriles, prospectivos, etc.

El presente proyecto, se llevó a cabo mediante un modelamiento en SIG tendiente a satisfacer las necesidades tanto medioambientales como de calidad del emplazamiento de los sectores desde la perspectiva del empresario, permitiendo de este modo prospectar una zona extensa como lo es el valle del Choapa, desde la costa y hasta la cota 2.400 m (s.n.m.m).

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:
Realizar un catastro en la IV región de Coquimbo, específicamente en el valle del Choapa, a través de un modelamiento en SIG en busca de condiciones medioambientales y operacionales propicias para el desarrollo del cultivo de la Langosta de Agua Dulce. (***Cherax tenuimanus).***

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Realizar un modelamiento considerando los siguientes parámetros medioambientales óptimos, y operacionales:

- Topografía del terreno.
- Recursos hídricos.
- Climas.
- Caminos.
- Usos de suelos.
- Nivel de erosión hidroespacial.
- Población.
- Electricidad.
- Agua potable.
- Cobertura telefónica.
- Plantas mineras cercanas a los cursos de agua seleccionados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la Zona de Estudio

De acuerdo a lo convenido con CORFO, el catastro para la detección de zonas aptas para el cultivo de Langosta de Agua Dulce se realizó en el Valle del Choapa.

Por razones medioambientales y de factibilidad de operaciones de un cultivo se puso como límite Este de la zona de estudio la cota 2.400 m (s.n.m.m), la cual es considerada como altura límite en la prospección del recurso Langosta. Esto se debe a que sectores con alturas mayores están expuestos a bajas temperaturas ambientales no propicias para el desarrollo del recurso, teniendo en consideración que la Langosta de Agua Dulce requiere temperaturas dentro de un rango entre 8º C a 28º C para un desarrollo propicio. Los límites Norte y Sur de la citada zona los entregaron las pendientes naturales del terreno
en concordancia con la pendiente máxima solicitada por el modelo (Fig.1).

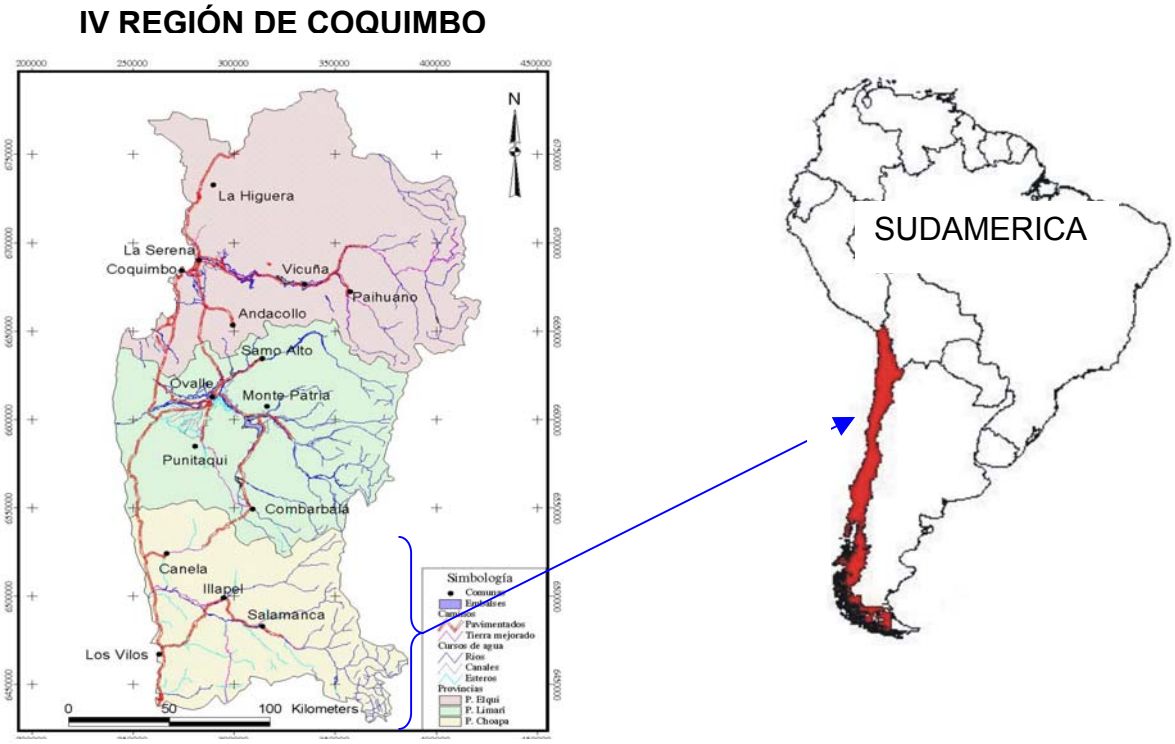

Figura 1.- Ubicación zona de estudio.

DISEÑO DEL MODELO DE BUSQUEDA

Para las condiciones medioambientales y operacionales propicias para desarrollar el cultivo de Langosta de Agua Dulce, se planteó un modelamiento mediante el empleo de metodología de sistemas de información geográfica (SIG) empleando los siguientes criterios de selección: Cercanía al abastecimiento de agua, pendiente del terreno, cercanía a buenos caminos, mano de obra e infraestructura disponible (electricidad, agua potable y telefonía) y presencia de plantas mineras.

Las variables medioambientales y operacionales planteadas en los objetivos específicos del proyecto se utilizaron como coberturas temáticas (shape) en el modelamiento.

El modelo se basó prácticamente en la intersección ponderada de polígonos(Fig.2).

Figura 2.- Diagrama de flujo seguido por el modelo

FUNDAMENTACIÓN DE LAS VARIABLES OPTIMAS UTILIZADAS EN EL MODELO:

- **Recursos hídricos:** En un cultivo la accesibilidad al agua es el factor más importante, por esto, al modelo se le condicionó para seleccionar todos los cursos de agua tales como, ríos, esteros y canales de regadío principales (con flujos de agua permanentes a través del tiempo), y a los cuales se les construyeron las siguientes áreas de incidencia (buffer), medidos desde sus ejes longitudinales (TABLA I).

TABLA 1. – Áreas de influencia de los recursos hídricos

TIPO DE CURSO DE AGUA	BUFFER
Ríos	2 Km
Esteros	1 Km
Canales de regadío	1 Km

- **Topografía del terreno:** La topografía del terreno es de especial importancia para el emplazamiento de las piscinas y sistemas de cultivo, tales como estanques de acumulación de agua y canales de alimentación y descarga de ella. Cuando se decide instalar un sistema de cultivo, es importante la pendiente del terreno, ya que ella incide fuertemente en los costos de instalación (movimientos de tierra).
-

En el caso del modelo, a partir de las cotas de las cartas digitales se construyó un modelo de pendientes utilizando para ello herramientas de análisis espacial, dividiéndose las pendientes del modelo en tres categorías (Tabla II).

Se interceptaron las coberturas de accesibilidad al agua con las de pendientes de los terrenos y se les asignó una ponderación de 50% dentro del modelo.

TABLA II.- Categoría del terreno según sus Pendientes

CATEGORÍA DE TERRENO	PENDIENTE
1	0 – 15%
2	15 – 30%
3	30 – 45 %

- **Clima :** Dado a las condiciones medioambientales propicias para el normal desarrollo de la especie, es importante considerar el clima y en especial la temperatura ambiente, razón por la cual, el modelo fue condicionado para seleccionar los sectores con climas propicios. Esta cobertura tuvo una ponderación de 10% dentro del modelo.

- **Caminos :**Toda empresa requiere de caminos para el transporte de insumos y personal, razón por la cual, en este modelo se seleccionaron los caminos pavimentados y los caminos de tierra mejorados, construyéndose a lo largo de sus ejes longitudinales áreas de influencia (buffer) de 10 Km. La cobertura “caminos” tuvo una ponderación de 10% dentro del modelo.

- **Usos de suelos:** El criterio empleado para esta cobertura fue el seleccionar los terrenos en tres categorías y sobre la base del grado de factibilidad de uso de ellos. (Tabla III).

TABLA III.- Categoría de usos de suelos

TIPOS DE SUELOS	CATEGORIA
Matorral pradera	**1**
Matorrales	**1**
Plantación forrajera	**1**
Plantaciones	**1**
Praderas	**1**
Renoval semidenso	**1**
Terrenos agrícolas	**1**
Formación suculenta	**2**
Matorral arborescente	**3**

Fueron discriminados por el modelo los siguientes usos de suelos:

- Areas urbanas e industriales.
- Embalses
- Nieves y glaciares
- Los lugares sin información.

La cobertura usos de suelo fue ponderada en el modelo con un 10 %.

- **Nivel de erosión hidroespacial:** El nivel de erosión hidroespacial corresponde a la energía erosiva que manifiestan las aguas al escurrir en forma concentrada, por lo tanto, el riesgo de dañar las estructuras construidas (dado a la cercanía de ríos y esteros). Este nivel de erosión no sólo es un comportamiento del volumen de alimentación, sino además de factores hidromorfológicos como la capacidad, la pendiente, el régimen, la torrencialidad, etc., el modelo la clasificó en tres niveles (Tabla IV).

TABLA IV.- Niveles de erosión hidroespacial

EROSIVIDAD HIDROESPACIAL	NIVEL
MEDIO	**1**
ALTO	**2**
MUY ALTO	**3**

La cobertura fue ponderada en el modelo con un 5%.

- **Población :** Desde la perspectiva operacional de un cultivo es importante considerar la cercanía de ciudades o pueblos para los requerimientos de personal, razón por la cual, el modelo fue condicionado para que seleccionara los pueblos principales y, en torno a ellos, se creo un área de influencia (buffer) de 10 Km.
Esta área de influencia fue ponderada con un 5% en el modelamiento.

- **Electricidad :** El suministro de energía eléctrica es desde el punto de vista operacional muy importante, razón por la cual, en el modelamiento fueron consideradas las líneas de transmisión eléctrica disponibles y se les creó un área de influencia (buffer) de 5 Km.

- **Agua potable:** El suministro de agua potable reviste importancia en un cultivo especialmente cuando en él laboran personas, por este motivo, en el modelamiento se consideraron los tendidos de agua potable y se les construyó un área de influencia de 5 Km.

- **Cobertura telefónica:** Dada la importancia que tienen las comunicaciones en la administración y gestión empresarial realizada en un cultivo, el modelamiento consideró la existencia de líneas telefónicas tanto fijas, como móviles. La telefonía fija cubre todos las ciudades y pueblos de la IV región, y en el caso de la telefonía móvil existen sectores de la región que no son cubiertos por ella.

Las variables electricidad, agua potable y telefonía se ingresaron al modelo como "infraestructura", y éste, seleccionó sólo aquellos sectores en que estuvieran presentes estas tres variables, ponderándolas con un 10%.

- **Presencia de plantas mineras:** Se incluyó como variable sólo la presencia de plantas mineras en los sectores prospectados, dado que ponderar a través del modelo posibles riesgos o peligro por derrame de estos, requeriría de un tratamiento especial basado en múltiples variables geográficas y ambientales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del catastro entregados por el modelamiento para el Valle del Choapa se muestran en Tabla VII.

TABLA VII.- Superficies aptas para el cultivo de la Langosta de Agua Dulce en el Valle del Choapa.

SUPERFICIE APTA (HECTÁREAS)	CATEGORIA
86.175	1
45.787	2
10.700	3

En el Valle del Choapa, se presentan tres grandes sectores; el primero de ellos se extiende desde la unión del río Choapa con el río Carén en la comuna de Salamanca, continúa a través del río Choapa por las comunas de Illapel y Canela, la cuenca del río Illapel y pequeños sectores alimentados por esteros como el Camisa, Millaje, Limahuida, Coihue y otros.

Los lugares más aptos abarcan prácticamente toda la zona, exceptuando las zonas próximas a la cordillera (Fig.3).

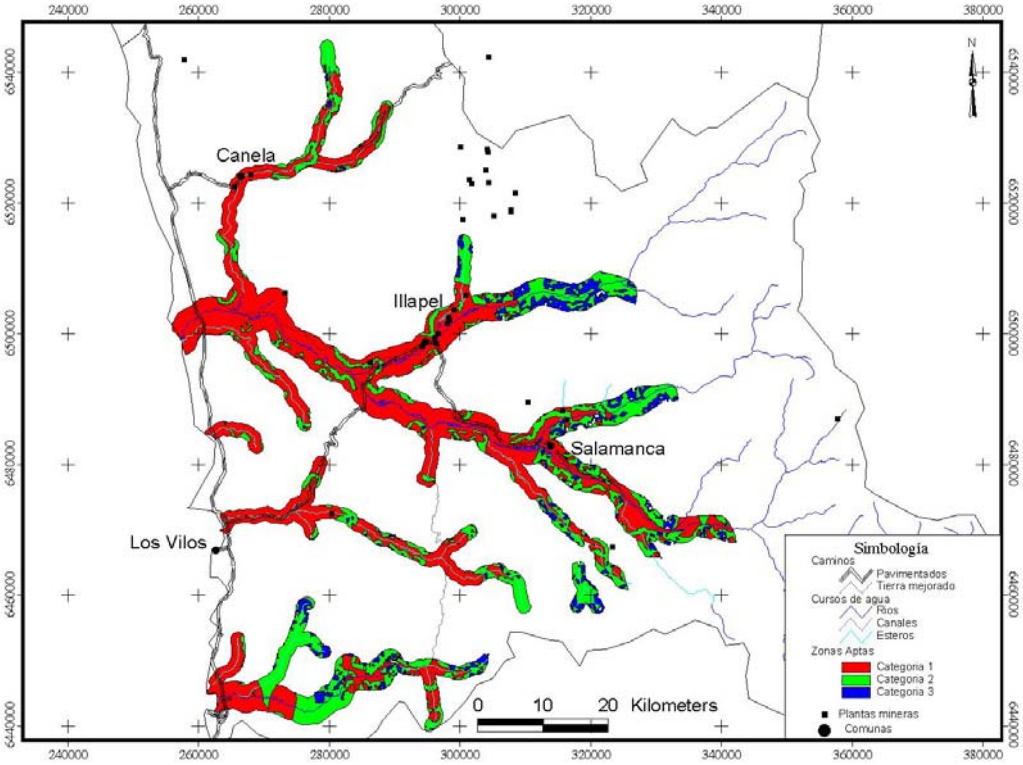

Figura 3.- Zonas aptas para desarrollar el cultivo.

CONCLUSIONES

Analizados los resultados de este proyecto, fue posible concluir referente a los lugares aptos para el cultivo de la Langosta de Agua Dulce lo siguiente:

Habiéndose prospectado a través del modelamiento, empleando herramientas SIG, el valle del Choapa, desde la costa y hasta la cota 2.400 m (s.n.m.m), se encontraron aptos para desarrollar el cultivo de la Langosta de Agua Dulce 142.662 Hás., de las cuales el 60,4% (86.175 Hás.) cumplen hasta con el 100% de los requerimientos, el 32% (45.787 Hás.) cumplen hasta con el 80% de los requerimientos y el 7,5% (10.700 Hás.) cumplen hasta con el 60% de los requerimientos.

Cabe resaltar que en la selección de terrenos aptos para el cultivo de Langosta de Agua Dulce, realizada por el modelo, siempre están presentes en las categorías las variables pendiente del terreno y la presencia de recursos hídricos, lo que baja el porcentaje en la categoría de la zona es la ausencia de alguna de las otras variables, como infraestructura, erosión hidroespacial, uso de suelos o climas.

Los sectores categorizados como 2 y 3 en el Valle del Choapa corresponden principalmente a problemas de infraestructura. En el sector aguas arriba de Canela, se debe a la baja presencia de agua potable. En tanto, para el sector aguas arriba de

Illapel, a caminos y agua potable. Para el sector aguas arriba de Salamanca, un factor común es el riesgo de erosión hidroespacial, y la falta de buenos caminos, electricidad y agua potable. En tanto, para el sector Quilimarí, hay sectores deficitarios en infraestructura, sumado al alto riesgo hidroespacial y la presencia de arbustos arborescentes.

En cuanto a la cobertura telefónica, es la telefonía móvil la que no tiene cobertura en algunos sectores de las zonas estudiadas, ya que, la telefonía fija, tiene cobertura en todas las ciudades y pueblos principales del valle.

Es importante resaltar también que la variable recursos hídricos incorporada en el presente estudio, considera sólo los cursos de agua estables durante el año, lo que aseguraría al inversionista la disponibilidad de ella para su cultivo, no obstante, esta variable, no considera flujos (cantidad de agua por unidad de tiempo), dado que ello requiere observaciones espaciales y temporales y esta asociada al requerimiento de cada empresario en consideración a la modalidad de cultivo y al nivel de producción (pequeña, mediana y gran escala).

BIBLIOGRAFÍA

- **ENVIROMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE (ESRI) (1997).** Spatial Analyst Manual. USA.
- **BOSQUE, JOAQUIN (1992),** Sistemas de Información Geográfica, Ediciones Rialp, S.A**.**
- **BURROUGH, P.A. (1998),** Principles Of Geographical Information System for Land Resources Assesment, Oxford, UK. Clarendon Press.
- **FALLAS, J.(1995)** Sistemas de Información Geográfica.Teledicción y Sistema de Posicionamiento Global en Costa Rica. Memoria. Laboratorio de Teledicción y Sistemas de Información Geográfica. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y Caribe. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.75p.
- **INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DE CHILE (1998).** Geografía de Chile, Geografía IV región de Coquimbo.
- **SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, CHILE. (2000).** Atlas de Faenas Mineras, Minas y Plantas de las Regiones III y IV.

Links

- **WEB SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DE PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN, IV REGIÓN (SERPLAC).** http://www.serplaccoquimbo.cl
- **WEB SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA).** http://www.sinia.cl
- **PÁGINA NO OFICIAL DE IDRISI & ER MAPPER. Pedro Marauri.** http://www.arraki.es/~pedromm
- **ANGEL FELICÍSIMO. DOCTOR EN BIOLOGIA APLICADO A SIG Y MODELOS DIGITALES.** http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/index2.html