

UN MODELO PARA LA LOCALIZACION ÓPTIMA DE CULTIVOS ACUICOLAS EN ESTANQUES: EL CASO DE LA REGION DE ATACAMA - CHILE

Zuñiga, Sergio; Acuña Enzo, Bodini Andrés
Universidad. Católica del Norte,
Escuela de Ingeniería Comercial,
Larrondo 1281, Coquimbo - Chile.
E-mail: sz@ucn.cl

RESUMEN

Es bien conocido el importante aporte que la industria acuícola genera a la economía chilena. Sin embargo, si bien la localización de los centros de cultivo puede resultar determinante en el éxito de una empresa de este tipo, en Latinoamérica existe un escaso uso de las modernas herramientas basadas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para este fin. Este artículo muestra el uso de esta herramienta para ponderar varios factores críticos en la determinación de la localización óptima de cultivos acuícolas en estanques en el borde costero de la III Región de Atacama, Chile. Los resultados muestran que las zonas óptimas para la acuicultura basada en estanques de cultivo se centra en tres sectores que coinciden con áreas cercanas a los tres principales puertos de la Región: Chañaral, Caldera y Huasco.

PALABRAS CLAVES: Acuicultura, Localización, Atacama, Sistemas de Información Geográfica (SIG)

INTRODUCCION

Un clima favorable y una costa muy amplia hacen de la III Región un lugar adecuado para desarrollar algunos tipos de actividades acuícolas, lo que se ha traducido en la instalación de varios centros de cultivo en el borde costero de la región, los que se han dedicado a producir moluscos y algas. Los cultivos de moluscos desarrollan su actividad basados fundamentalmente en el Ostión del Norte, la Ostra del Pacífico (o Japonesa) y el Abalón Verde (o Japonés), mientras que los centros productores de algas se han dedicado exclusivamente al cultivo del “Pelillo” (Gracilaria). De acuerdo a los registros del Servicio Nacional de Pesca, esta Región en el año 2000 contaba con 32 Centros de Acuicultura (18 de Moluscos y 14 de Algas) las que produjeron un total de 7.809 toneladas.

La necesidad de buscar nuevos horizontes para este sector productivo ha impulsado un constante desarrollo de proyectos de innovación, tanto en la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos como en la expansión del rango de especies, lo que involucra disponer de una herramienta que ayude a seleccionar nuevas localizaciones aptas para la acuicultura. En esta investigación se desarrolla un procedimiento que permite facilitar a las empresas acuícolas la selección de nuevos sectores en borde costero de la III Región considerando exclusivamente los aspectos geográficos, a pesar de que se reconoce que este tipo de decisiones puede involucrar varias consideraciones de otro tipo.

Para esto se trabajó con los siguientes criterios e decisión: acceso al agua de mar, compatibilidad con el Plan Regulador Intercomunal Costero, pendiente de los terrenos, accesibilidad a caminos, disponibilidad de mano de obra y disponibilidad a la red eléctrica. A través de una serie de análisis espaciales se llegó a un mapa final donde se destacan las áreas óptimas para la ubicación de sistemas de cultivo en tierra.

METODOLOGÍA

El estudio es desarrollado para los sistemas de cultivo en tierra localizables en el borde costero de la III región de Atacama, Chile. La metodología que se desarrolla en este estudio es aplicable para los Sistemas de Cultivo en Tierra (Estanques), lo que implica estar relativamente cerca de la costa, a diferencia de los sistemas de cultivo en el mar (ver Anexo que contiene un listado de especies factibles de cultivar en el borde costero).

La herramienta de análisis usada es un Sistema de Información Geográfico (SIG), que en términos simplificados se puede definir como un sistema de administración de bases de datos útil para almacenar, leer y manipular datos, los cuales por medio de varias rutinas permiten realizar sofisticados análisis espaciales y visuales (véase por ejemplo a Burrough, 1986). Los SIG surgieron a partir de los años 70 como una respuesta a la creciente demanda de análisis espaciales requeridos por los principales servicios públicos de Estados Unidos. Previamente estos análisis se llevaban a cabo en forma manual a través de grandes transparencias colocadas sobre una mesa de luz. A medida que los análisis se fueron haciendo más complejos, la metodología tradicional empezó a mostrar sus restricciones prácticas. Con el advenimiento de la computación, se iniciaron los esfuerzos para portar estos procedimientos a un medio digital. Hoy en día los programas SIG son muy poderosos y sus costos han bajado hasta ser accesible para la mayoría de los servicios públicos y universidades¹.

Otros estudios que han usado la herramienta SIG en acuicultura son por ejemplo Kapetsky et al. (1988), quienes analizan la localización de áreas para el desarrollo acuícola del catfish (*Ictalurus punctatus*) en Franklin Parish, Louisiana. Ali et al. (1991) hacen un análisis similar para el cultivo de la especie carp en Pakistan. También Ross et al. (1993) aplican un SIG para el cultivo de salmones en Escocia. La FAO (1992) también ha elaborado un

¹ En este estudio se utilizó el programa ArcView 3.2a desarrollado por ESRI (Environmental Systems Research Incorporated), el cual se destaca por ser el estándar mundial en SIG. Su formato nativo, el archivo shape o SHP, es importado y exportado por prácticamente la totalidad de los programas SIG.

documento de trabajo en que se analizan aplicaciones de los SIG y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura, proporcionando una revisión de una serie de casos de estudio.

CRITERIOS PARA LA LOCALIZACION ÓPTIMA

Anteriormente se comentó que el modelo de selección se basa en 6 criterios, los que conforman el modelo utilizado para la selección. Cada uno de estos criterios genera una determinada área o cobertura que es apta de acuerdo a ese criterio.

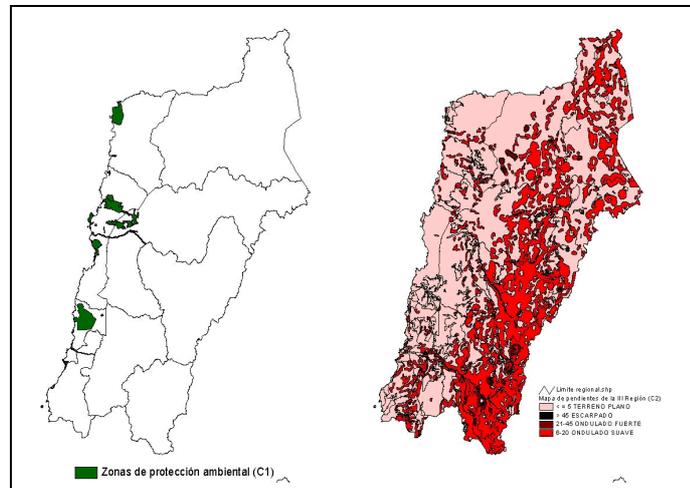
1) Áreas Compatibles con el Plan Regulador Intercomunal

La III Región cuenta con un Plan Regulador Intercomunal de las Comunas Costeras de Atacama en el que se describe claramente cuales son los usos apropiados de la tierra, y se encuentran las disposiciones generales que definen las áreas urbanas, rurales y protegidas, el trazado vial y la regulación específica por zona. Dentro de la regulación específica existe la zona de expansión, Zona ZUI 6 (artículo 34 de la ordenanza) que eventualmente pudieran ser destinadas al apoyo en tierra a actividades de pesca artesanales y acuicultura, y las llamadas Zonas de Protección Ambiental (ZPA), las que poseen varias restricciones, y cuyos orígenes van desde la preservación del medio ambiente hasta la presencia de riesgos naturales, las que se deben descartar como áreas aptas para la instalación de acuicultura. La Figura 1a muestra las ZPA.

2) Áreas con Pendiente Apta para la Construcción de Infraestructura

La instalación de edificaciones y estanques y equipos acuícolas en áreas de baja pendiente reduce los costos de habilitación de los terrenos por este concepto. Por este motivo se seleccionaron aquellos sectores cuya pendiente fuese menor a 5 grados. La Figura 1b muestra los polígonos que representan sectores con diferentes pendientes.

Figura 1
Zonas de Protección Ambiental (a)
y Áreas con Pendiente Apta (b)



3) Red y Calidad de los Caminos Costeros

La red de caminos de acceso a los centros productivos así como también la calidad de estos, son factores relevantes a la hora de la instalación de un cultivo acuícola debido a que siempre será necesario el transporte de insumos, personal y por supuesto la salida del producto final. Una mayor distancia a un camino principal incide fuertemente en el alza de los costos de operación. Por este motivo se construyó una área de influencia de 30 Km. en torno a la cobertura de caminos principales. Con esto se creó la cobertura poligonal C9, la que asegura la selección de lugares con buena accesibilidad vial. La Figura 2a muestra un buffer de varios kilómetros alrededor de los caminos principales de la región.

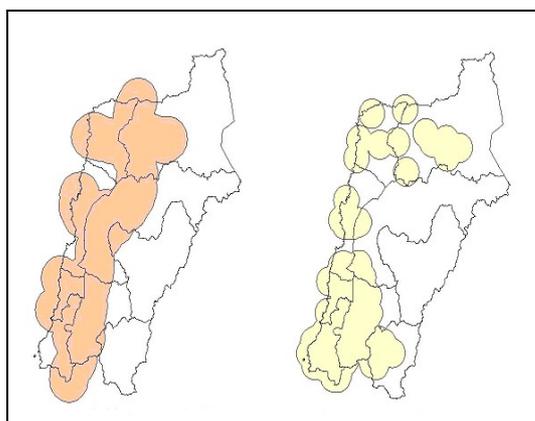
4) Disponibilidad de Mano de Obra: Centros Poblados

Para asegurar que habrá suficiente mano de obra disponible para las operaciones de un centro de cultivo, se requiere que el lugar de selección esté cerca de los principales centros poblados. Para esto se construyó un área de influencia de 20 Km. en torno a los principales

centro poblados, lo que genera una cobertura poligonal de áreas con accesibilidad a la mano de obra de acuerdo a la Figura 2b.

Figura 2

Red de caminos costeros (a) y Centros Poblados (b)



5) Disponibilidad de Electricidad

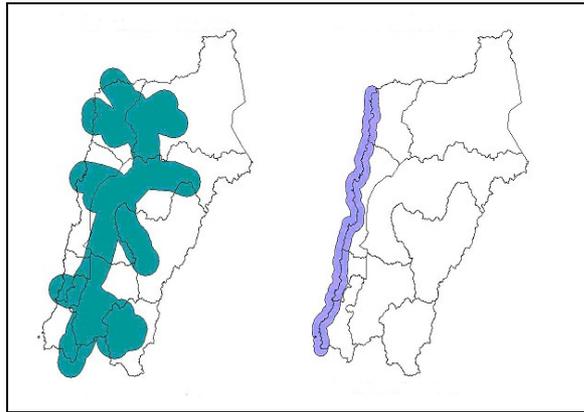
La cercanía a las redes de electricidad reduce significativamente los costos relacionados con la operación de los equipos de bombeo y circulación de agua en los estanques, iluminación y otros, respecto a la alternativa de operación de equipos de generación de electricidad autónoma. Por este motivo se generó un área de influencia de 20 Km. Alrededor de las redes de electricidad actuales para lograr generar una cobertura poligonal que define los sectores con mejor disposición para tener acceso a la red eléctrica, como se muestra en la Figura 3a.

6) Accesibilidad a Agua de Mar

Para asegurar de que el terreno seleccionado estuviese lo suficientemente cercano al mar, se generó una cobertura basada en la costa de la III Región, a través de un área de influencia de 10 Km., creando así una cobertura poligonal de acuerdo a la Figura 3b.

Figura 3

Disponibilidad de Electricidad (a) y Agua de Mar (b)



RESULTADOS

El proceso de selección consiste en identificar aquellas localizaciones geográficas en que se cumpla con los 6 criterios señalados precedentemente. Como resultado se determinaron tres sectores de acuerdo a la Figura 4.

El Sector Chañaral corresponde al sector ubicado más al norte de la III Región, y corresponde a los alrededores de la ciudad de Chañaral². Al norte de quebrada Peralillo, al sur de Caleta Barquito y al sur de Punta Infieles existen áreas que quedan excluidas de la selección, por corresponder, en el primer caso, a una "zona de protección ecológica" (ZPI-2), en el segundo a una "zona de usos diversos (ZUI-1) y zona industrial intercomunal (ZUI-4) y en el tercer caso a una "zona de apoyo a centros poblados" (ZUI-7), de acuerdo al Plan Intercomunal de las comunas costeras de Atacama. Además, al norte de Caleta Chañaral se excluyó un sector debido a que no cumple con los requisitos de pendiente $< 5^\circ$.

El Sector Caldera se ubica en el centro de la III Región, y corresponde a los alrededores de la ciudad de Caldera. Se puede observar que al sur de Bahía Inglesa existe un área que queda excluida de la selección, por corresponder a una "zona de protección ecológica (ZPI-2)",

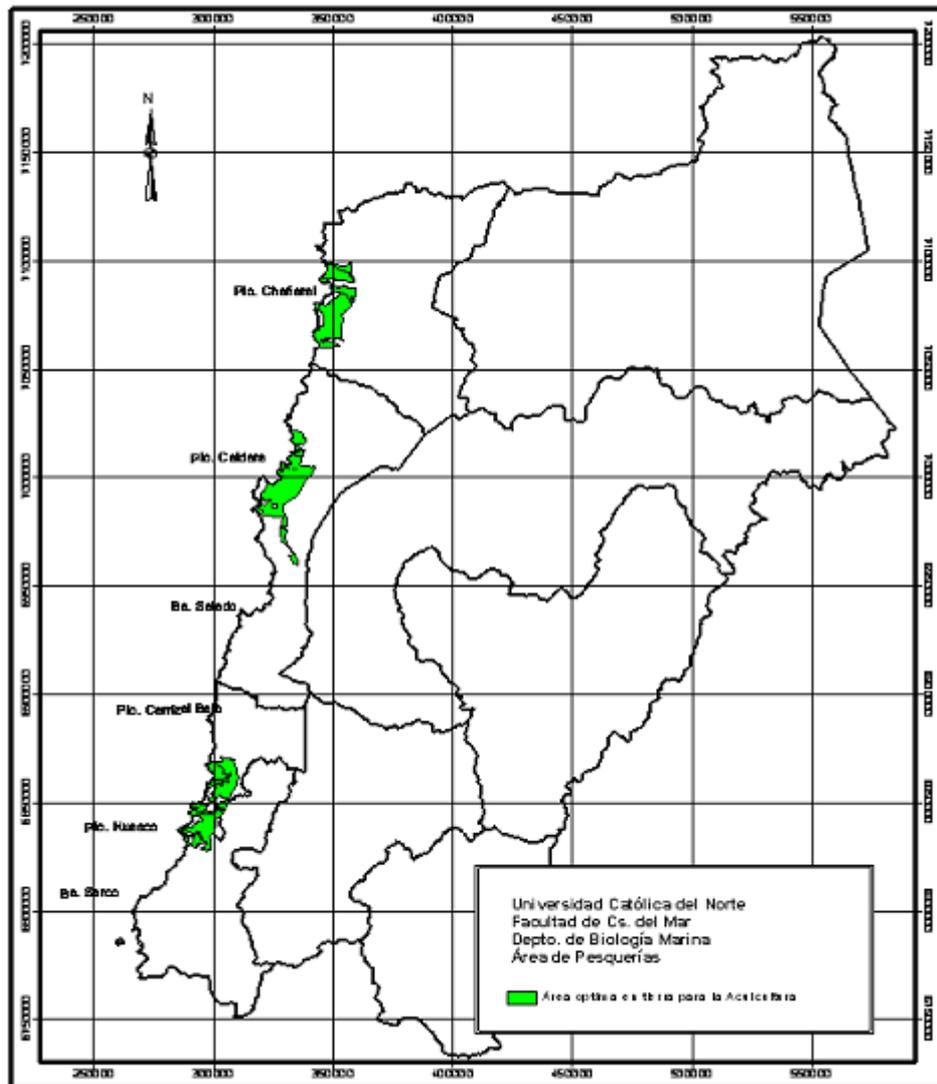
² Es bien conocido el problema ambiental generado por la disposición de relaves de la minería frente a las costas de este sector, lo que en la mayor parte del mismo puede hacer inviable el cultivo en el mar. Sin embargo, existe una alternativa para utilizar agua de mar para realizar cultivos en tierra, lo que debe ser evaluado científicamente para determinar la presencia de sustancias incompatibles con la acuicultura.

de acuerdo a la zonificación realizada en el Plan Intercomunal de las comunas costeras de Atacama. En efecto, allí se visualiza la posibilidad de instalar un área de reserva marina desde Punta Morro hasta Bahía Cisne.

Finalmente aparece el Sector Huayco, ubicado al sur de la III Región, y que corresponde a los alrededores de la ciudad de Huasco. Se puede observar que al sur de Los Toyos hasta Punta Negra y desde Punta Negra hasta Huasco existen áreas que quedan excluidas de la selección por corresponder, en el primer caso a una "zona de desarrollo turístico (ZUI-5), en el segundo caso a una "zona de protección del río Huasco (ZPI-3), de acuerdo a la zonificación realizada en el Plan Intercomunal de las comunas costeras de Atacama. Finalmente, al sur de Punta Huasco sur hay un área excluida debido a que su pendiente no cumple con el requisito de ser $<$ de 5° .

Figura 4

Mapa final del modelo de selección



BIBLIOGRAFIA

Ali, C.Q., L.G. Ross y M.C.M. Beveridge (1991). Microcomputer Spreadsheets for the implementation of geographic information systems in aquaculture: a case study on carp in Pakistan. *Aquaculture* 92: 199-205.

Burrough, P.A., 1986. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford, 178 pp.

FAO (1992). *Los Sistemas de Información Geográfica y la Telepercepción en la Pesca Continental y la Acuicultura*. Documento de Trabajo 318.

Kapetesky, J., John M. Hill y L. Dorsey Worthy (1988). A Geographical Information System for Catfish Farming Development. *Aquaculture* 68: 311-320.

Ross, L. G., Mendoza Q.M., E.A. and Beveridge, M.C.M., 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture*, 112: 165-178.

ANEXO

A fin de definir localizaciones óptimas se construyó un listado de especies acuícolas que pueden ser cultivadas en estanques emplazados en el borde costero de la III región. De acuerdo al grado de desarrollo alcanzado en la tecnología y al grado de transferencia al sector productivo, estas especies (nativas e introducidas) se pueden clasificar en 4 etapas: comercial (si se conoce la tecnología de cultivo y es aplicada actualmente), pre-comercial (se conoce la técnica de cultivo, pero los costos aún son demasiado elevados para que exista viabilidad económica), piloto y experimental, de acuerdo a la siguiente Tabla.

Especies cultivables en el Borde Costero de la III Región Según etapa de Desarrollo de la Tecnología de Cultivo

Etapa	Especies
Comercial ³	Abalón Japonés (<i>Haliotis discus hannai</i>), Abalón Rojo (<i>Haliotis rufescens</i>), Turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>)
Pre-comercial	Erizo Rojo (<i>Loxechinus albus</i>)
Piloto	Lenguado Chileno (<i>Paralichthys adspersus</i>), Hirame (<i>Paralichthys olivaceus</i>)
Experimental	Almeja (<i>Venus antiqua</i>), Navaja (<i>Ensis macha</i>), Navajuela (<i>Tagelus dombeii</i>), Ostión Europeo (<i>Pecten maximus</i>), Lapas (<i>Fissurella spp.</i>), Locate (<i>Thais chocolata</i>), Loco (<i>Concholepas concholepas</i>), Macha (<i>Mesodesma donacium</i>), Pulpo (<i>Octopus spp.</i>), Caracol Trumulco (<i>Chorus giganteus</i>), Dorado o palometa (<i>Seriola lalandi</i>), Pejerrey de Mar (<i>Odontesthes regia</i>), Congrio Colorado (<i>Genypterus chilensis</i>), Corvina (<i>Cilus gilberti</i>), Chascón (<i>Lessonia nigrescens</i>), Huiro (<i>Macrocystis integrifolia</i>), Huiro (<i>Macrocystis pyrifera</i>), Chicoria de mar (<i>Chondracanthus chamissoi</i>), Luga Negra (<i>Sarcothalia crispata</i>) y Luga Roja (<i>Gigartina skottsbergii</i>).

³ En etapa comercial existen 6 especies cultivadas directamente en el mar (no en estanques): Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), Ostra Chilena (*Ostrea chilensis*), Cholga (*Aulacomya ater*), Choro Zapato (*Choromytilus chorus*), Ostra Japonesa (*Crassostrea gigas*) y Pelillo (*Gracilaria chilensis*).

Sin embargo, puesto que la limitante fundamental en la selección de un recurso para ser cultivado comercialmente es el grado de disponibilidad y consolidación en la tecnología de cultivo hasta la fase adulta (engorda), el análisis de la localización se debe centrar solamente en aquellas especies que pertenecen solamente a los grupos comercial.