

网箱养殖评论：拉丁美洲和加勒比海地区

Alejandro Rojas¹与Silje Wadsworth²

Rojas, A.与Wadsworth, S.

网箱养殖评论：拉丁美洲和加勒比海。见M. Halwart、D. Soto和J.R. Arthur（等）。《网箱养殖—区域评论和全球概览》，第60–85页。联合国渔业技术论文，第498号。罗马，联合国粮农组织，2010。199页

摘要

水产养殖是拉丁美洲和加勒比海地区的重要经济活动，44个国家中有31个参与水产养殖，该行业创造了超过200 000个工作岗位。水产养殖行业的发展非常不平衡，智利和巴西两个国家占总产量的72%，其中70%来自网箱养殖。23个国家的产量仅占总产量的2%。全球养殖的332个种类中有81个在本地区养殖，2004年水产养殖总产量为130万公吨，价值为52亿美元。这些数字占全球水产养殖总量的2.9%，占总价值的8.2%。大多数是高价值有鳍鱼（约900 000公吨），大部分产于智利南部亚南极区水域到墨西哥北部加利福尼亚湾的网箱系统。拉丁美洲和加勒比海地区使用的大多数网箱（大于90%）位于智利，主要用于鲑鱼养殖。本文档重点探讨两大种群：在网箱以及水槽和池塘中养殖的种类——鲑鱼（鲑鱼和鳟鱼）和罗非鱼。

区域水产养殖的发展主要依赖于当地政府的发展计划和努力。例如，在过去20年间，智利的鲑鱼养殖获得了重大发展。智利在淡水、半咸水和海水环境中开展了网箱养殖。由于水产养殖，特别是淡水系统网箱养殖导致了较大的环境压力，智利南部湖泊中的一些封闭再循环系统引入了鲑鱼养殖。在海水生产的情况下，网箱使用率每年增长10%到15%。需要研究对策减轻网箱养殖对环境的影响，更好地了解所有水生资源使用者之间的动态发展和相互关系。水产养殖的快速发展导致了与农业的紧密联系，以寻找可取代鱼粉和鱼油的新原料，而这种原料的来源和价格是两个部门增长的限制因素。

¹ 智利维拉斯港 Casilla 166, Traumen 1721, 水产养殖资源管理有限公司

² 挪威 Hommersåk N-4310 Bluefin Consultancy

引言

本地区水产养殖生产³

2004年,全球水产养殖总产量(不包括水生植物)达到4550万公吨,价值为635亿美元(表1)。其中,拉丁美洲和加勒比海地区产量为130万公吨,价值为52亿美元(表1和2)。相比之下,本地区野生捕捞渔业产品的出口量为480万公吨(价值为70亿美元)。水产养殖是整个南美日益重要的商业活动(Hernández-Rodríguez等,2001)。随着对鱼产品需求的不断增长以及目前有限野生种群的压力,预计未来10年间本地区的水产养殖将获得重大发展。

2004年,本地区44个国家有31个开展了水产养殖(表3),生产种类有81个,商业价值为52亿美元,就业员工超过200 000人。智利和巴西产量最大,共占总产量的70%以上。虾生产在产量和价值方面均具有较大规模。本地区有鳕鱼的水产养殖生产主要有大西洋鲑(*Salmo salar*)、虹鳟鱼(*Oncorhynchus mykiss*)、银鲑(*O. kisutch*)和大鳞大麻哈鱼(*O. tshawytscha*),2004年产量为578 990公吨,而罗非鱼(*Oreochromis spp.*)和鲤鱼(*Cyprinus carpio*)产量达220 058公吨(图1)。从2001至2003年,鲑鱼和太平洋白对虾(*Litopenaeus vannamei*)占拉丁美洲和加勒比海地区水产养殖总产量的64%,占总价值的69%(表4)。

本地区养殖的许多水生种类是高价值的有鳍鱼,据估计,60%以上的产量来自智利南部亚南极区水域到墨西哥北部加利福尼亚湾的网箱系统。

根据联合国粮农组织(2005),海水养殖占水产养殖总产量(不包括海水植物)的57%,淡水养殖占30%,余下的13%来自半咸水养殖。尽管水产养殖在本地区分布较广,但88%的鱼虾产量主要集中于五大生产国(图2、3和4)。出产鲑鱼和鳟鱼的智利以及出产淡水鱼和虾的巴西是本地区领先的水产养殖生产国。

南美洲的产量占本地区产量的85%,价值

占84%。中美洲产量占10.1%,价值占14.3%,加勒比海地区产量占5.6%,价值占2%。与欧洲相比,拉丁美洲和加勒比海地区的水产养殖产量低得多,但在价值上差不多,表明该地区养殖产品的平均价值较高(表4)。这主要是因为养殖了鲑鱼和虾等高价值种类。2004年,本地区平均价值(3.96美元/千克)高于世界其他地区的平均价值(1.40美元/千克)(表4)。

本地区水产养殖发展的预测

高价值种类(虾和鲑鱼)养殖的发展对国际渔业贸易具有重大影响。然而近年来,罗非鱼等经济价值较低的鱼种也成功地进入国际市场。

虽然存在市场以及有利的地理和环境条件使拉丁美洲和加勒比海地区的水产养殖有可能获得快速发展,但本地区必须克服一些限制因素。本地区(除了智利等少数国家外)面临的重大问题之一是缺少连续的政治和经济支持,不稳定性较大,使水产养殖不能吸引投资者,因此许多项目的进展很缓慢。此外,每次新政府上台后,重新制定国家的发展策略,支持研发的相关政策不能持久。如果本行业要发展适合于有经济效益的本地或外来种类的新养殖技术,这两方面都是必要条件。

但主要问题不是拉丁美洲和加勒比海地区是否能持续研发创新技术,而是是否能在研发中投入充足的人力和财政资源。为提升本地区的效率以及在全球市场上的竞争力,从其他国家引入技术资源并与本地经验相结合是非常重要的。

从20世纪70年代到20世纪90年代,重点在发展生产,但目前遗传、健康和病理、环境改善、收获和市场等其他领域已成为水产养殖发展过程中的重要因素。有关规划、管理、融资和生物经济学的培训计划也很重要。一些国家还不具备足够的道路、运输基础设施和其他设备。因此,虽然水产养殖在本地区具有很好的发展前景,但仍存在许多问题有待解决。

³ 本地区包括**墨西哥和中美洲**:伯利兹城、哥斯达黎加、萨尔瓦多、危地马拉、洪都拉斯、尼加拉瓜、巴拿马,**南美洲**:阿根廷、玻利维亚、巴西)智利、哥伦比亚、厄瓜多尔、法属圭亚那、圭亚那、巴拉圭、秘鲁、苏里南、乌拉圭、委内瑞拉(玻利瓦尔共和国),**加勒比海地区**:安圭拉、安提瓜和巴布达岛、阿鲁巴、巴哈马、巴巴多斯、百慕大、开曼群岛、古巴、多米尼加、多米尼加共和国、格林纳、瓜德罗普、牙买加、马提尼克、蒙特塞拉特、蒙特塞拉特、荷属安的列斯群岛、波多黎各、圣卢西亚、圣基茨岛和尼维斯岛、特立尼达和多巴哥、特克斯和凯科斯群岛、英属维尔京群岛、美属维尔京群岛。

表1

2004年世界水产养殖产量

地区	产量		价值		
	公吨	%	千美元	%	美元/千克
非洲	561 019	1.2	890 641	1.4	1.59
北美洲	751 984	1.7	1 308 838	2.1	1.74
拉丁美洲和加勒比海	1 321 304	2.9	5 234 714	8.2	3.98
亚洲	40 474 631	89.0	50 029 036	8.8	1.24
欧洲	2 238 430	4.9	5 583 257	8.8	2.49
大洋洲	134 009	0.3	446 798	0.7	3.33
总计	45 481 377	100	63 493 284	100	1.40

来源：联合国粮农组织，2005a,b

表2

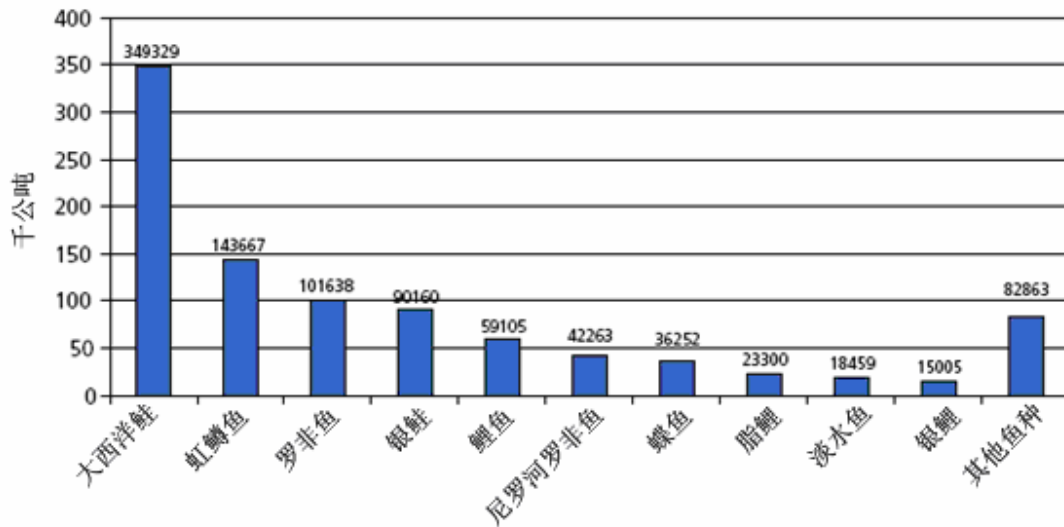
2000至2004年拉丁美洲和加勒比海地区水产养殖产量（公吨）—不包括水生植物

产品	2000	2001	2002	2003	2004
甲壳类	154 569	187 317	221 462	294 646	289 928
洄游鱼	359 391	52 1092	498 461	502 534	586 289
淡水鱼	251 293	263 873	293 581	292 955	310 841
海水鱼	2 584	2 803	2 832	1 114	929
其他水生动物	811	693	688	719	713
软体动物	69 079	82 085	83 381	105 577	132 604
总计	837 727	1 057 861	1 100 405	1 197 545	1 321 304

来源：联合国粮农组织，2005

图1

2004年拉丁美洲和加勒比海地区水产养殖鱼类总产量



不包括其他

来源：联合国粮农组织，2005a

表3

拉丁美洲和加勒比海地区的水产养殖：产品产量和价值——注：产品列表以联合国粮农组织2005为依据

# 产品	产量			价值		
	1996-2000 千公吨	2001-2003 千公吨	占总产量的 百分比	1996-2000 百万美元	2001-2003 百万美元	占总价值的 百分比
1 太平洋白对虾	165	209	18.8	979	1 057	26.8
2 大西洋鲑	110	267	24.0	404	969	24.6
3 虹鳟鱼	81	126	11.3	262	381	9.7
4 银鲑	77	112	10.1	307	329	8.3
5 罗非鱼	50	73	6.6	152	219	5.5
6 鲤鱼	48	68	6.1	142	183	4.6
7 秘鲁扇贝	17	22	2.0	87	141	3.6
8 蝶鱼	9	30	2.7	35	109	2.8
9 其他虾类	10	18	1.6	69	108	2.7
10 其他甲壳类	6	21	1.9	28	93	2.3
11 尼罗河罗非鱼	16	34	3.0	39	75	1.9
12 智利软体动物	13	44	3.9	11	71	1.9
13 淡水鱼	27	23	2.1	81	65	1.6
14 其他	76	66	5.9	190	147	3.7
总计	706	1 113	100	2 785	3 947	100

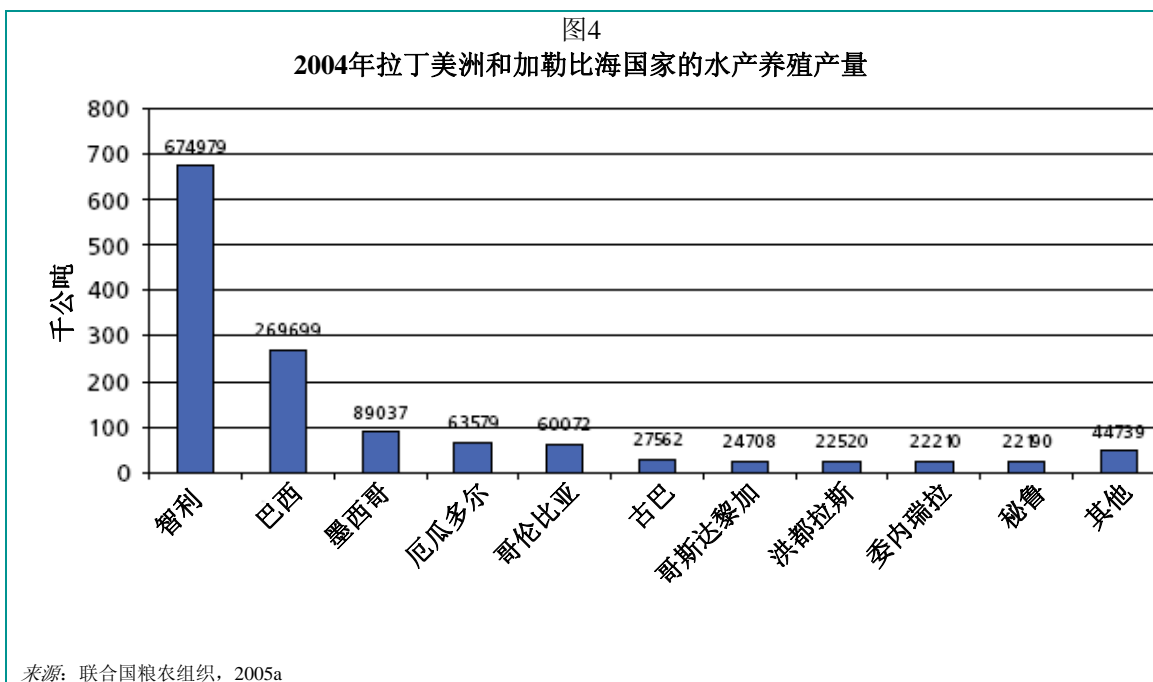
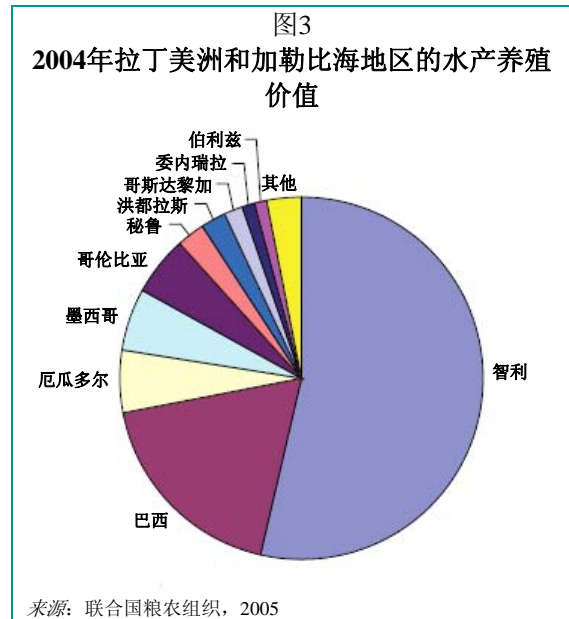
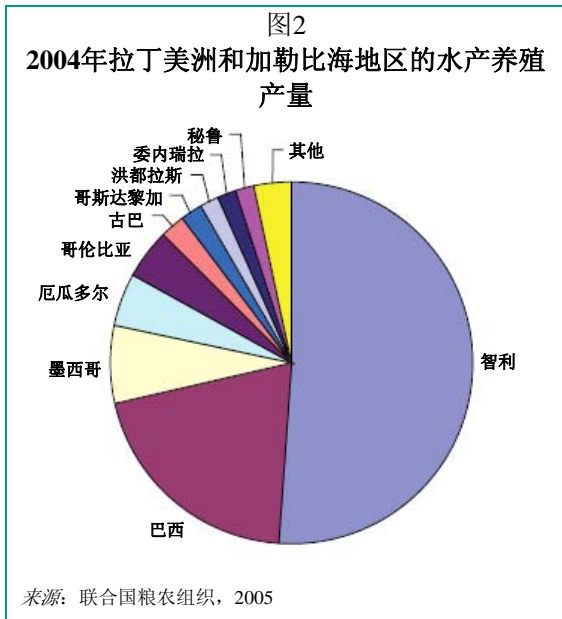
来源：联合国粮农组织，2005

表4

2004年各地区水产养殖产量（平均产量和价格）

区域/地区	产量		价格	
	公吨	%	%	美元/千克
亚洲	40 474 631	89.0	78.8	1.24
欧洲	2 238 430	4.9	8.8	2.49
拉丁美洲和加勒比海	1 321 304	2.9	8.2	3.96
北美	751 984	1.7	2.1	1.74
亚洲	561 019	1.2	1.4	1.59
大洋洲	134 009	0.3	0.7	3.33
总计	45 481 377	100	100	1.40

来源：联合国粮农组织，2005



鲑鱼生产

智利

19世纪，为了运动渔业的目的，智利首次引入虹鳟鱼和银鲑。1978年开始养殖银鲑，到1988年产量超过4 000公吨。1982年从挪威进口大西洋鲑卵，经过十年的发展，该种类已成为主要生产种类(Tiedemand-Johannessen, 1999)。在1993到2003年之间，鲑鱼和鳟鱼总产量的平均增长率为15.5%，相比之下，全球的平均增长率为7.7%。到2005年初，智利在鲑鱼总产量上已几乎占据领先地位(Carvajal, 2005a)。

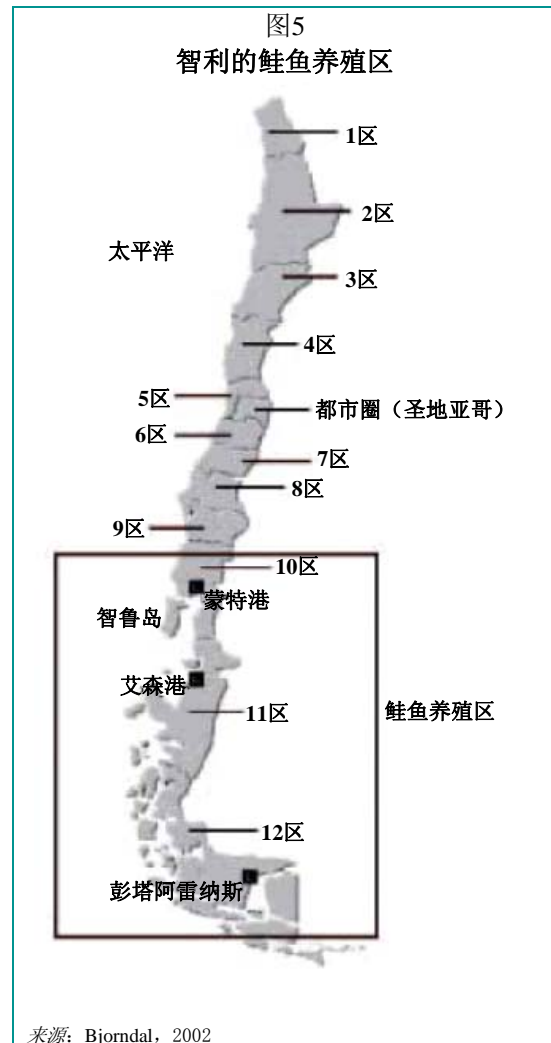
除了引入有价值的遗传物质外，智利还从挪威、苏格兰和加拿大等鲑鱼生产国引入各种资金和技术，促进了该行业的迅速发展。相关的技术领域包括营养、鱼类健康管理、饲养以及网箱养殖系统。

继从陆地孵化场迁移后，智利所有鲑鱼生产均来自网箱养殖(表5)，最初在淡水或河口环境下养殖，等到银化后在海水网箱中养殖。2000年，该行业引入新的再循环技术，实支持在陆地上发展淡水期养殖，甚至支持在封闭系统中完成银化过程。由于存在强大的环境压力，并且在银化前需要控制疾病和使用抗生素，因此引入了这些系统。目前，16%的幼鲑来自这些系统，33%来自河口网箱，51%来自湖泊网箱。在智利，虹鳟鱼也在海水中养殖，占智利鳟鱼总产量106 000公吨的85% (Gilbert, 2002)。

海水、半咸水和淡水环境中鲑鱼养殖分布

智利鲑鱼养殖分布于10、11和12区(图5和表6)，范围从蒙特港到国家南部。本行业最重大的发展出现于2000年初的10区，当时网箱养殖从南部向11区迁移。

由于存在非开发的场所，未来本行业将重点在11和12区进行发展；但在发掘这些地区的全部生产潜力之前，需要发展广泛的基础设施。在迁移到海水中生长前，淡水中生产的生物量较小。从淡水网箱中迁移的鱼类一般小于100克，在网箱中收获时个体重量一般大于5千克。



法律规定鲑鱼生长必须在海水中完成。10区淡水产量的大部分来自拉奎呼尔湖。许多公司最近在其他地区发展了淡水生产经营，以降低在单个地点进行本行业全部幼鲑生产的生物安全风险。此外，在湖泊的幼鲑生产中，完全再循环系统也逐渐取代网箱养殖。

表5

智利鲑鱼和鳟鱼出口(百万美元, 智利FOB价格)

种类	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
大西洋鲑	298	340	350	492	525	570	687	876	1 070
银鲑	189	170	280	263	230	206	211	232	284
大鳞大麻哈鱼	2	0	0	0	0	0	0	0	0
虹鳟鱼	178	203	188	215	208	193	242	330	352
其他	1	0	0	3	1	5	7	2	6
鲑鱼总计	668	714	818	973	964	973	1 147	1 439	1 721

来源: 智利鲑鱼协会

网箱养殖系统

漂浮网箱系统是智利鲑鱼养殖中采用的主要技术。这些系统是圆形塑料（图6和7）或方形金属框架结构，并挂上渔网。数量不定的各网箱进行分组，形成养殖场所。这些网箱通过使用了混凝土重块和专用锚的静态网格结构系泊于海床上（Beveridge, 2004）。安装时需要有关环境条件和海床成分的详细数据。虽然目前不存在控制安装规范的法律，但许多公司都遵照挪威NS9415标准，以降低关键运营的保险费。近些年来，系泊失败以及设备和鱼类损失的数量越来越少。

在有遮蔽的海水中，通常建有驳船，可存储饲料并提供船员住宿（图9）。提供船员住宿很重要，因为24小时值守网箱可防止偷渔。

网箱规格和类型取决于许多因素，不同情况下差异较大。淡水环境下的网箱系统框架（金属）通常小于等于 15 m^2 。在淡水中使用较小的网箱易于进入和控制，有利于实施分级、鱼类活动、疫苗注射和更换渔网等更集约的饲养技术。在海水中，鱼类很少进行处理，可使用更大型的结构。海水养殖中一般使用周长为90 m的塑料网箱，深度为20 m的渔网（ $12\ 900\text{ m}^3$ ）。也有 $20\text{ x }20\text{ m}$ 的金属网箱，渔网深度为20 m（ $8\ 000\text{ m}^3$ ）。海水养殖场的最大生物量密度范围是16到 20 kg/m^3 。

表6

2005年智利鲑鱼养殖场和生产分布

地区	海水养殖场	淡水养殖场	总产量分布
10区	375	70	80%
11区	143	20	19%
12区	15	11	1%

来源：智利国家渔业服务局（SERNAPESCA）。

图6
智利的圆形塑料网箱



图7
利用合适的水泵在塑料网箱中的喂食过程



图8
智利的金属网箱



图9
网箱上可供船员住宿和存储饲料的漂浮驳船/棚屋



图10
智利典型的海水养殖场



图11
智利向养殖场提供饲料的集中式料斗



表7
2003年智利网箱数量和类型

网箱类型	数量	百分比 (%)	单位近似成本 (美元)
塑料网箱	1 357	13	30 000
金属网箱	8 931	87	25 000
总计	10 228	100	

来源：网箱制造商和鲑鱼养殖者

金属网箱是更坚固的结构，比圆形塑料网箱更易操作。在更换缠绕渔网、移除死鱼、分选和收获等日常海水养殖操作时，金属网箱具有更好的物理入口以及更稳定的工作环境。金属网箱的缺点是容易出现金属疲劳，在盐水环境下易腐蚀，在高能量环境下强度小

(Willoughby, 1999)。由于各金属网箱之间有物理连接，一些网箱中可降低水流交换。在氧气较少的时期，水流交换有限可对生产速度造成不利影响，从而增强了网箱的易变性。

近年来热镀锌技术的进步改进了耐腐蚀性并提高了成本效率，将许多金属网箱的使用寿命提升到了十几年。由于智利大多数鲑鱼养殖都在遮蔽性较好的近岸水域开展，因此金属网箱的使用比例较高（表7）。随着行业的发展以及近海水域中遮蔽性较差的场所的使用，该比例可能发生改变。

图12
利用压缩空气将饲料从料斗传到各个网箱



近年来，鲑鱼网箱养殖的机械化程度日益提高。目前一些养殖场引入了资本密集型的集中式喂食系统，以改善饲养管理并提升运营效率。这些系统包括集中式漂浮料斗（图11），通过塑料管利用压缩空气（图12）向各个网箱提供饲料。各围网内的监控器对饲料实施自动控制，探测鱼群食用后剩下的颗粒饲料。当探测到有剩余的颗粒饲料时，饲料供应将停止。水下相机和水面供应系统（图13和14）与废弃物收集器相连，用于评估喂食响应。由于饲料成本占运营成本的50%以上，降低废弃物和改善生长性能至关重要。有效的饲料管理还可降低废弃饲料对环境的影响并改善饲料运输。

随着本行业的持续拓展，机械化的日益提升并未降低整体人力需求（Intrafish, 2003）。与其他地区相比，南美洲每个鲑鱼养殖场的员工数量仍较多，与挪威、加拿大和苏格兰等竞争国家相比，工资也较低。较低的工资使本行业具有重大竞争优势，也是智利养殖业持续成功发展的重要因素（Barrett、Caniggia和Read, 2002）。

环境影响和相关法律

在较小的空间内密集养殖大量种类可导致许多环境后果。鲑鱼行业的拓展导致的环境问题日益增多，同时也引起了对可能的生态影响的争议。管理者指出，要实现可持续发展，必须尽可能降低对环境的影响。

1996年以来开展的研究表明，认证养殖场会对本地海床造成不利影响，改变沉积物的物理和化学性质并损害底栖生物多样性。影响包括底栖群落的改变、沿海水域营养物含量的增加、与有害藻华相关的问题，不同类化学品的使用以及养殖鲑鱼向野外的逃逸（Buschmann等, 2006）。

表8

智利海水鲑鱼养殖场中典型的网箱布置

网箱数量	网箱规格	生命周期初期的幼鲑数量	产量（公吨）	最大密度
14	直径 30 m	700 000	2 500	20 kg/m ³
21	直径 30 m	1 050 000	3 675	
24	直径 30 m	1 200 000	4 200	
20	30 x 30 平方米	600 000	2 100	

来源：鲑鱼生产者

图13
具有饲料收集系统的自动喂食料斗（智利）



图14
利用水下相机控制饲料供应（智利）



Soto和Norambuena（2004）研究表明，鲑鱼养殖场对硝酸盐、氨、正磷酸盐和叶绿素等水柱变量无影响，因此可实现较快的稀释速率和循环过程。不过氮、磷和有机碳等沉积物变量出现了较大变化。生物多样性也有重大损失，这不仅与沉积物中的有机物含量和低含氧量有关，也与铜沉积有关（因为在网箱中使用了防污涂料）。此外，由于沉积物中高有机物浓度导致的环境恶化有可能影响养殖鱼类的健康，从而影响盈利性。

显然，随着本行业向南部发展，智利迫切需要开展进一步研究，以增强对这些影响的了解。如果不了解生态系统成分的时空分布和相互关系，不了解导致此类分布和行为的关系和过程，就不可能描述或预测生态系统行为。地理信息系统（GIS）这一强大的工具可用于空间数据的组织和呈现，以有效地进行环境管理规划。这些系统是对现场调查和风险评估的补充。

在智利，随着鲑鱼养殖的拓展，渔网缠结以及渔民在鲑鱼养殖场的捕杀导致海狮

（*Otaria flavescens*）死亡率不断升高（OECD，2005）。控制方法包括采用声音设备和物理抑制技术，但只有在网箱周围设置防掠食网（图15）才能永久减少海狮袭击（Sepúlveda和Oliva，2005），尽管有这些保护措施，一些海狮学会了跳过周围的防掠食网进入网箱。这就需要在水面上加设网具，阻挡此类聪明、适应性强且具有跳跃能力的掠食者（图16）。

海狮或其他动物造成的网具破坏可使鱼类大量逃逸到外部环境中。到目前为止，最大的一次事故是2004年7月的一次暴风雨中，约100万条鲑鱼逃逸。肉食性鲑鱼的大规模逃逸会使捕食现象增多，引发疾病和其他栖息地交互作用，从而对本地鱼群造成严重影响（Soto、Jara和Moreno，2001）。这在淡水环境下更是如此，淡水环境中有很高比例（93%）的淡水濒危种类（OECD，2005；Soto等，2006）。逃逸到海水环境中的鲑鱼可能对其他利益相关人的沿海商业和休闲渔业造成影响。2001水产养殖环境规范（RAMA）要求各鱼类养殖场制定应急计划，应对因鱼类死亡、鱼类逃逸和意外饲料外溢导致的风险。运营商必须提出可行的应急计划，确保在五天内捕获在400米以内的逃逸鱼类（在极端情况下可扩大到5千米和30天）。但這些应急计划如何发挥实效，不同捕获方法的有效性如何均不明确。每次鱼类逃逸事件必须向本地港务局和国家渔业局（SERNAPESCA）报告。

图15
智利金属网箱周围设置的防掠食网。围网上方加设了网具，以防飞鸟捕食。



图16
为防止海狮跳入围网而在海平面上设置的防掠食网具



随着该行业在智利的集约化，由细菌性病原体 (*Vibrio* sp., *Streptococcus*)、海水鱼虱 (*Caligus* sp.) 和胰坏疽病毒感染 (IPNV) 等引起的许多疾病开始流行。鱼类立克次体症是一种小型胞内细菌，可导致致命的鲑鱼败血症。自20世纪80年代开始隔离以来，鱼类立克次体症一直是智利水产养殖业鱼类死亡的主要原因。仅在1995年，超过1 000万条海水网箱养殖鲑鱼死亡，经济损失估计为4 900万美元。有效的健康健康、快速诊断以及使用抗菌剂实施早期干预极大地改善了控制。但抗生素的持续使用引起了人们的关注。现在出口到美国和日本市场的每一批鲑鱼都要进行抗生素残留检测。SERNAPESCA修订了三项一般卫生计划 (疾病管理、饲料管理和疫苗注射)，确定对鲑鱼养殖场使用抗生素的强制报告。有关水生种类高风险疾病防控的2001水产养殖卫生规范 (RESA) 规定了养鱼场传染病的卫生控制、流病监测和消除。随着实地检测次数的增加，SERNAPESCA的残留物控制计划获得的资源日益增多 (OECD, 2005)。

在挪威和英国等鲑鱼生产国，针对细菌感染开发有效的疫苗已经取代了对抗生素的依赖。由于生物的胞内性质，尽管提高使用频率，疫苗对于鱼类立克次体症的效果比对其他细菌性病原体的效果差。该行业正开发更有效的疫苗 (Birkbeck 等, 2004)。

防污塞用于防止网具上的污物增加，稳定通过网箱的水流。含有铜活性成分的防污涂料可对环境造成影响 (Barrett, Caniggia 和 Read, 2002)。RAMA 要求在特定近岸场所实施网具更换和清洗，利用水处理降低环境影响。

RAMA 引入了场所预选特征化的概念，要求根据环境影响评估 (EIA) 发放新生产许可证 (内陆或海洋)。此外，所有现有养殖场必须实施作为环境信息计划 (INFA) 一部分的年度环境监测。如果网箱下的顶部沉积物连续两年出现厌氧环境，养殖场位置必须将第三年以及此后每年生产的生物量降低 30%，直到沉积物中的氧气条件改善为止。

由于本行业的增长主要靠出口推动，企业 (特别是大型养殖场和公司) 的环境责任逐步增强，2002 年生产商签署了清洁生产协议 (“Acuerdo de Producción Limpia” — APL)。协议设定了养鱼场和加工厂的污水处理和固体废物管理两年目标，使生产者遵守当前的环境标准。协议还涉及高风险疾病的控制和消除。针对鲑鱼养殖的环境认证已经增强，所有最大的养殖场均通过了 ISO 14 001 认证。认证过程是对优良环境生产方式规范的细化，包括鲑鱼养殖所有阶段的可持续发展标准 (OECD, 2005)。

1991 年，一般捕捞和水产养殖法律确定了海洋上特定的养鱼区域，确保鱼类养殖不与捕

捞、航行、旅游和自然保护等其他活动相冲突。海洋保护区 (鱼群繁殖区域) 和最近设立的海洋公园中不允许进行开采。八个地区的法律确定了海洋中的水产养殖区域和边界。智利湖泊中未授权进一步开展水产养殖。通过这一限制，内陆水产养殖在池塘和内陆淡水生产设施中推广 (OECD, 2005)。2003 年，国家水产养殖政策 (“Política Nacional de Acuicultura” — PNA) 作为法律框架实施，以规范系统并联合有关水产养殖活动的各种政策和法律机构，开设“统一窗口”提供生产方式文书、执照和许可办理，所有工作主要通过互联网实现。

鲑鱼养殖场目前消耗了国内鱼粉产量的三分之一。最新预测显示，对有限鱼粉资源的需求将在不久的未来大量增长，特别是中国的需求将快速增加。为取代本地区非常昂贵的鱼油和鱼粉，寻求替代蛋白质资源将日益重要 (Barlow, 2003)。2000 年，鲑鱼行业 50% 的原材料是鱼粉，自 2000 年以来，该行业一直在寻求替代蛋白质资源。目前，鱼粉的百分比已降低至 27%。2006 年，鱼油使用量从 25% 以上降低至 16%。

只有智利国内外饲料公司和研究中心共同合作研究，并提供重大的经济投入，这些成果才能实现。这些研究考虑新饲料配方、生产效率以及福利、质量、营养和鱼类健康。鱼粉的替代物必须获得消费者的认可，原料必须可持续利用并且环保。主要营养物的缺乏将降低生长速度并增加饲料系数 (FCR)。营养病理也可由长期短缺导致。因此，生产商面临巨大压力，必须提供在价格、成分、味道、可消化性、营养物/抗营养素、微生物安全性和功能性方面均衡的产品。

大豆、羽扇豆、油菜、豌豆、玉米、小麦、来自家禽业的蛋白质、生物蛋白质等成分已用于取代鱼粉。植物油可取代 50% 的鱼油，不影响鱼的产量、健康或营养品质。目前 (2006 年) 饲料中的 35% 到 50% 的油是植物油。

新原材料需求的不断增长对智利南部的农业造成了重大影响，特别对油菜、小麦和羽扇豆种植的影响尤为重大。油菜的种植公顷数在过去三年间增长了 10% 以上，预计在 2006 年将再增长 20%。羽扇豆的种植公顷数在过去四年间增长了约 75%，预计在 2006 年再增长 13%。

经济情况和市场

鲑鱼约占智利总出口量的 6% (Carvajal, 2006)，最近其经济重要性超过了酒业出口 (Carvajal, 2006)。2004 年，智利向美国、日本和欧盟等主要市场的鲑鱼出口 (价值) 包括 61% 大西洋鲑、23% 鳟鱼和 16% 银鲑。新鲜鲑鱼产品通过空运出口到美国，冷冻鲑鱼通过海运出口到日本和欧洲。附加值产品占本行业出口量的一半以上，其中 37% 为新鲜鱼片，36% 为冷冻鱼片。亚洲、拉丁美洲 (特别是巴西)

和加勒比海等其他地区的市场的重要性也日益提升（表 9）。

智利面临的主要挑战仍是到主要出口市场距离较远，以及对美国和日本市场存在很大依赖性，因此智利出口易受国际经济趋势和贸易政策的影响（Bjørndal, 2002）。智利已签署多项双边和多边自由贸易协议，包括与美国（2003）和欧盟（2002）的协议。此外，南部共同市场协议（MERCOSUR）促进了向南美国家的出口。

社会因素

在过去十年间，智利的鲑鱼养殖已成为经济发展的重要因素，特别在 10 区更是如此，目前该区在国内具有最高的就业水平（国家统计局，2006）。网箱养殖经营在特定地点的集中也吸引了其他相关业务的开展，例如制造商、兽医服务商和保险公司形成了包括 200 多个企业的工业集群。本地区的生活水平之前在国内最低，“鲑鱼集群”对本地区产生了重大影响（智利鲑鱼，2005）。

尽管获得了初步发展，但仍有很大提升空间，最新研究显示，2000 年到 2003 年 10 区的国家贫困水平从 24.7% 下降到 21.6%，相比之下，整个国家的贫困水平从 20.6% 下降到 18.6%（Cárdenas, Melillanca 和 Cabrera 2005）。

2004 年，鲑鱼行业为 45 000 人提供了直接和间接的岗位，80% 集中于 10 区。智利鲑鱼行业 35% 的雇员是女性（Carvajal, 2005a）。

对于沿海地区的其他利益相关人来说，存在一些利益冲突。手工渔民丧失了鲑鱼网箱附近传统的捕捞和潜水场所，因为企业经常未经法律许可的情况下在鲑鱼养殖场附近强制加设非正式的隔离区。本地捕捞社区设法适应这一新情况，其中一个社区获得了自我管理海洋许可区。例如，通过财政和管理支持，人工联合组织成功地获得了智利大火地岛的首个海事许可，25 个成员在该地区养殖牡蛎和海藻用于出售。虽然全球化对本地区现代化具有显著影响，但很少有证据能证明人们在鲑鱼养殖的影响下放弃了传统捕捞，出售或遗弃了传统的生活方式（Barrett Caniggia 和 Read, 2002）。相反，由于在水产养殖业能找到新的工作，鲑鱼养殖的重要影响体现在降低了年轻人从农村地区向城市的迁移。

尽管本行业在智利获得了成功发展，但一些非政府机构（NGO）批评水产养殖对环境造成的影响，目前它们还认为水产养殖侵犯了劳动权益。这些机构认为，鲑鱼行业不支持可持续发展，其提供就业的能力不会转化成本地的收益率。这些批评要求对鲑鱼行业投入艰苦的工作，以维持其发展并改善共同关心的领域。

表 9

智利鲑鱼对主要市场的出口（价值和产量）

市场	价值（百万美元，智利FOB价格）										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
日本	295	295	366	337	471	477	436	403	427	566	638
美国	136	177	214	270	259	358	364	414	544	575	606
欧盟	35	31	37	45	34	57	77	62	58	118	240
拉丁美洲	16	26	37	47	39	53	51	47	56	79	84
其他市场	7	9	15	15	15	29	37	48	62	101	153
总计	489	538	668	714	818	973	964	973	1 147	1 439	1 721
市场	产量（千公吨）										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
日本	58	80	93	105	92	111	158	162	119	154	151
美国	29	41	46	52	45	65	88	108	117	124	119
欧盟	6	6	8	10	7	11	22	21	14	24	48
拉丁美洲	3	6	9	11	9	13	17	19	17	23	24
其他市场	1	2	4	4	3	6	16	21	19	29	43
总计	98	135	160	182	155	206	300	331	286	355	384

来源：智利鲑鱼（2005）

本地区（不包括智利）的鲑鱼生产

本地区（不包括智利）的其他类鲑鱼生产主要包括虹鳟鱼养殖，大多数分布于陆地淡水系统中，例如土池和水道（表 10）。秘鲁和玻利维亚在的的喀喀湖等天然湖泊以及科恰班巴的 Corani 等人工泻湖中开展了小规模网箱生产。许多项目的目的是降低贫困并引入外部资本协助，包括美国国际开发署（USAID）、CARE、国际马铃薯中心、欧盟和反美开发银行提供的资金。秘鲁在的的喀喀湖上的业务帮助约 200 个家庭成立了 33 家小型企业。50% 的业务由女性员工经营（图 17）。在很多情况下，导致了家庭结构发生重大变化，男性成员在家照看小孩，妻子从事各阶段的生产工作。企业组织在 Capachica、Juli 和 Chucuito 设立了三个现代试验农场，用于生产和训练，将改进的技术进行试验并转移到本地区的小型成员企业（IDB，2005）。

的的喀喀湖是世界上最高的可通航湖泊（海拔 3 900 m），面积为 8 200 km²。鳟鱼养殖的影响未充分记载，但在此类环境下引入鳟鱼有可能导致的喀喀湖中本地种类的减少以及哥伦比亚和智利安第斯山脉其他裸背山鳉和毛

图17
的的喀喀湖的鳟鱼养殖，其中50%的员工为女性



鼻鳅种类消失（联合国粮农组织，1988）。另一个值得关注的问题是此类高原淡水系统的营养投入，特别是磷和氮的投入。

表10

拉丁美洲和加勒比海地区的虹鳟鱼产量（公吨）。注：网箱养殖非局限于淡水。

国家	环境	1998	1999	2000	2001	2002	2003
智利	海水	71 073	47 164	78 911	109 142	108 771	106 464
哥伦比亚	淡水	6 241	7 816	9 016	7 000	5 000	4 248
墨西哥	淡水	1 517	2 272	2 520	3 309	3 444	3 444
智利	淡水	4 035	3 250	655	753	2 910	3 114
秘鲁	淡水	1 479	1 608	1 857	2 675	2 981	3 111
巴西	淡水	791	1 229	1 447	1 939	2 377	2 275
阿根廷	淡水	1 000	781	952	950	900	1 231
哥斯达黎加	淡水	104	181	250	210	500	500
玻利维亚	淡水	320	328	335	250	328	274
委内瑞拉（玻利瓦尔共和国）	淡水	540	540	500	300	500	99
厄瓜多尔	淡水	0	54	33	33	33	0
淡水养殖总产量	淡水	16 027	18 059	17 565	17 419	18 973	18 296
虹鳟鱼总产量	总计	87 100	65 223	96 476	126 561	127 744	124 760

来源：联合国粮农组织Fishstat Plus数据库（2005）。

罗非鱼生产

罗非鱼生产获得了重大发展，使其成为继鲑鱼和虾之后成功打入国际贸易市场的水产品。原产于非洲和中东的罗非鱼已成为世界上最重要的食用鱼。在拉丁美洲和加勒比海地区，罗非鱼属对于水产养殖起着最重要的作用（包括尼罗河罗非鱼（*O. niloticus*）、莫桑比克罗非鱼（*O. mossambicus*）、蓝罗非鱼（*O. aureus*）以及它们的杂种（例如彩虹鲷））。本地区（表11）各种养殖系统中均生产这些种类，但主要在水池中生产。

罗非鱼生命力强且为杂食性，喂食营养层级较低。因此粗放系统内罗非鱼喂养成本较低，适合于在较差的环境下进行养殖。在集约系统

中，可用具有高含量植物蛋白和植物油的配方饲料喂鱼（Watanabe 等，2002）。本地区的许多国家可生产大豆和玉米等庄稼，适合于为鱼类饲料行业提供支持（Kubitza，2004a）。大盖巨脂鲤（*Colossoma macropomum*）和鲳鱼（*Piaractus brachypomus*）等其他淡水种类也可与罗非鱼一起养殖（Alcantara 等，2003；Gomes 等，2005）。

罗非鱼可养殖于粗放、半集约和集约型系统中。最集约的系统通常涉及网箱养殖（图18和19）。但最大一部分产量可能来自于陆地养殖场的粗放水产养殖。很多情况下，罗非鱼生产是水力发电厂的补充（例如，Central Hidroeléctrica Paula Afonse，巴西 Bahía）。



表11

拉丁美洲和加勒比海地区的罗非鱼产量（公吨）。注：网箱养殖未指定。

国家	1998	1999	2000	2001	2002	2003
巴西	24 062	27 104	32 459	35 830	42 003	62 558
哥伦比亚	17 665	19 842	22 870	22 500	23 000	23 403
哥斯达黎加	5 398	6 588	8 100	8 500	13 190	14 890
厄瓜多尔	1 730	4 400	9 201	5 159	6 903	9 727
墨西哥	5 398	7 023	6 726	8 845	7 271	7 271
洪都拉斯	506	792	927	1 244	2 000	3 508
牙买加	3 360	4 100	4 500	4 500	6 000	2 513
危地马拉	1 570	2 832	1 888	2 000	2 000	2 000
多米尼加共和国	446	445	994	612	766	766
萨尔瓦多	277	139	56	29	405	654
古巴	540	1 060	730	480	500	650
危地马拉		428	392	415	415	415
圭亚那	180	366	366	366	366	366
秘鲁	85	60	47	225	121	112
委内瑞拉（玻利瓦尔共和国）	2 010	2 320	970	1 250	560	108
巴拿马	55	634	900	1 181	500	95
其他	100	152	263	202	104	56
总计	63 382	78 285	91 389	93 338	106 104	129 092

来源：联合国粮农组织Fishstat Plus数据库，2005

网箱养殖系统

拉丁美洲和加勒比海地区网箱养殖系统的罗非鱼产量占水产养殖总产量的比例小于10%，虽然这一比例到2010年将达到30%（Fitzsimmons, 2000a）。罗非鱼网箱养殖在墨西哥、巴西、哥伦比亚（Watanabe等, 2002）、洪都拉斯、尼加拉瓜和古巴等许多国家不断发展。与水池和水道养殖相比，网箱养殖需要的资本投资较少，提供较大的管理灵活性并具有较低的生产成本。此外，罗非鱼的育种周期在网箱内中断，可培育混合性别的种群，不会产生性成熟和生长受阻等问题（Orachunwong、Thammasart和Lohawatanakul, 2001; Gupta和Acosta, 2004）。在河口和海水条件下，已经成功实施了初步试验，评估了彩虹鲷的生产。

罗非鱼可以高密度养殖于水流可自由循环的网箱中。网箱结构差异很大，有简单的竹制围栏，也有复杂的钢制和塑料设计。水面漂浮网箱（*jaulas*）、依托于底部的水面直立网箱（*corrales*）以及包围泻湖一部分的木制围栏（*encierros*）均用于罗非鱼养殖（Fitzsimmons, 2000b）。直立网箱连接于打入底部基质的木桩上。漂浮网箱可利用金属或塑料桶，密封PVC管或泡沫聚苯乙烯（图20）。网箱规格从1 m³到1 000 m³以上不等（图21）。小型网箱中一半使用喂养环，以留住漂浮饲料并防止废弃物进入（McGinty and Rakocy, 2003）。

集约型生产系统一般会使用更多的技术，密度更大，水流交换更快，并需用专用鱼饲料等。生产性能也更高。此处介绍的技术主要是使用带有网具的小型网箱（“*gaviolas*”）（图22），位于发电水库和湖泊中。生产水平取决于水质（温度、规模、深度、交换、自然饲料生产率等）。

巴西在罗非鱼网箱养殖行业占据主导地位，商业网箱业务是巴西国内外销售的鱼的主要来源。养殖的彩虹鲷有五种，年产量约为80 000公吨。巴西养殖者在4到18 m³网箱中开展彩虹鲷的半集约养殖，每个周期可获得100到305 kg/m³的生产率（Gupta和Acosta, 2004）（表12）。值得注意的是，网箱越小，性能越好，因为小型网箱具有更好的水流交换，因此鱼类养殖者更喜欢使用小型网箱。

表12

巴西半集约罗非鱼生产系统示例

网箱规格	蓄养密度 (幼鱼数 目/m ³)	生产率 (kg/m ³)
Small (< 5 m ³)	100 – 600	150
Large (> 5 – 100 m ³)	25 – 100	50

图21

巴西的罗非鱼网箱



图20

哥斯达黎加的罗非鱼网箱



图22

哥斯达黎加的罗非鱼网箱



本地区其他生产示例有:

- 蓄养密度为 550 条幼鱼/m³ 时, 四个月内每立方米可生产 330 kg 重量为 500 g 的鱼。
- 水温为 26 °C 时, 0.5 g 重 (2 cm 长) 的鱼可在 116 天内长成 400 g。

密度为 200–600 条鱼/m³ 时, 小型网箱或“gaviolas”(5 m³) 可生产 50–300 kg/m³ 雄罗非鱼, 由于水流交换更有效, 此类网箱更丰产。

拉丁美洲和加勒比海地区的罗非鱼网箱养殖

到 2010 年, 本地区的罗非鱼产量预计达到 500 000 公吨, 约 30% 的产量来自网箱养殖 (Fitzsimmons, 2000a)。

巴西拥有超过 650 万公顷的水库、湖泊和大坝, 年产罗非鱼的潜在能力为 700 000 公吨。由于全年的气候适宜, 并具有丰富、低成本的水资源, 巴西是该地区罗非鱼养殖行业规模最大、发展最快的国家之一。

目前巴西网箱养殖占 175 000 公吨的水产养殖产量的 10% 以下 (Kubitza, 2004b), 大部分养殖都在池塘系统中实施。采用网箱养殖罗非鱼和本地鱼类 (大盖巨脂鲤和鲳鱼) 越来越普遍, 该国所有大型水库中都可以看到小型网箱。目前, 生产主要集中于该国的南部和东南部 (Paraná、Sao Paulo 和 Santa Catarina)。自 2000 年以来, 生产一直向东北部的热带州 (主要为 Bahia 和塞阿拉州) 扩展。由于具有广泛适用于网箱养殖的水库并且与国际市场的距离较近, 塞阿拉州是巴西最具前途的罗非鱼生产州之一 (Kubitza, 2004a)。在巴西, 包括生产经营、研究机构、饲料生产商和支持部门在内的公私企业的整合程度很高 (Alceste 和 Jory, 2002)。

巴西水产养殖在国际市场上的竞争力预计将日益增强, 生产将以产业规模持续增长。随着 2003 年国家水产养殖和渔业特别秘书处 (SEAP) 的成立, 水产养殖行业的组织和发展得以改善。随着法律规定的日益明确, 网箱养殖项目的投资将实现增长。

墨西哥也有广泛的淡水和海水资源, 网箱养殖在该国的所有地区获得了发展。水产养殖主要有两大利益相关方: 私有行业, 包括富裕的投资者; 社会行业, 包括土地改革社区和公共组织以及主要由资源稀少的个人组成的生产合作社。根据联合国粮农组织 (2003), 墨西哥的网箱养殖包括约 87 个单元 (总共为 1 963 个单元), 容量为 88 913 m³。

墨西哥政府与世界银行合作开展了国家水产养殖发展项目, 以在全国范围内进一步发展罗非鱼生产。计划建立三个具有漂浮网箱复合体的罗非鱼公园。每个复合体将包括 100 个网箱, 每个网箱为 6.5 m³。墨西哥和国际专家将开展环境和社会影响调查, 此类调查是每个

场所实施世界银行支持项目时所必需的。项目旨在通过提升罗非鱼网箱养殖效率支持罗非鱼生产的集约发展 (Fitzsimmons, 2000b)。

在哥伦比亚, 罗非鱼养殖于供水力发电的水库中。网箱容量范围是 2.7 到 45 m³, 1997 年总容量超过 13 000 m³。陆地孵化场生产的性转换雄鱼将在 30 g 时进入生长网箱中养殖, 经过 6 到 8 个月长到 150–300 g。使用具有 24–34% 粗蛋白的膨化饲料喂鱼。链球菌感染是一大问题, 平均存活率为 65%。最终密度 160–350 条/m³ 时的年产量为 67–116 kg/m³ (Fitzsimmons, 2000a)。彩虹鲷养殖于秘鲁 Lancones 附近 Poechos 大坝中 75 m³ 的八角形网箱中 (Carvajal, 2006)。本地区年产量估计为 600 公吨。Laguna Encantada (Huaaura 省) 有另一个罗非鱼网箱养殖场, 年产量为 50 公吨。

在巴拿马, Gatún 湖的漂浮网箱系统包括 18 个容量为 48 m³ 的网箱单元, 每个网箱的鱼产量超过 6 公吨, 平均体重为 1 千克。这些鱼将加工成鱼片, 消亡迈阿密 (Alceste 和 Jory, 2002)。2006 年, 查格雷湖将开始网箱养殖彩虹鲷。

在洪都拉斯, 大多数与罗非鱼生产有关的项目都在池塘中开展, 本行业约有 1 600 家生产商和 19 000 名直接工作人员, 还有 50 000 名非直接工作人员。

1999 年, 尼罗河罗非鱼的网箱养殖引入约华湖, 是 1998 年 DIGEPESCA (一般渔业和水产养殖理事会办事处) 与台湾驻洪都拉斯技术团之间的研究项目的一部分。1999 年, 该项目包括 52 个网箱, 年产 118 公吨活鱼。该项目后来移交给三个渔民合作社。经营规模扩展至 76 个网箱, 年产量增至 173 公吨。每个网箱规格为 6×6×2.5 m, 容量为 90 m³。鱼的生长分为四个阶段, 直到平均收获大小 500–600 g。罗非鱼以直销和中间商的方式进行销售。由于缺乏完全生产所需的财政支持 (购买幼鱼的资金和运营资本), 网箱按安装容量的 44% 实施管理。鱼的收获的销售主要在 1 到 5 月进行。一年的其他时间重新开展网箱养殖, 并进行零散销售。大约 8 个月的生长周期中每个网箱的产量超过 1 290 kg。饲料成本约占生产成本的 44%。

由于养殖环境不受控制, 会遇到一些生产风险, 例如水温快速变化以及低容氧量。

在尼加拉瓜, 在“大奴湖”中有 32 个生产尼罗河罗非鱼的网箱, 但遭到环保主义者的许多责备。

2006 年, 古巴在 San José del Jobo、Palma Hueca、La Yaya、Casorro 88、La Chorrera、San Juan de Dios、Las Piedras 和 Najasa 地区启动了罗非鱼养殖项目。项目要建立共 800 个网箱, 每个网箱的产量为 470–500 kg。项目同时将目标对准国内和出口市场 (300–350g 的鱼)。(www.aqua.cl-21-09-2006)

总之，本地区的许多国家正在开展罗非鱼网箱养殖，这些国家包括秘鲁、哥斯达黎加、洪都拉斯、巴拿马、尼加拉瓜和古巴(Watanabe等, 2002)。随着更多投资的加入，以及营养、通风条件、废弃物重利用和疾病控制的改善，这些国家的生产将更为集约。网箱养殖还将不断取代这些国家中水库中的罗非鱼蓄养和捕捞渔业经营(Fitzsimmons, 2000a)。

环境影响和相关法律

水库中水产养殖的发展将导致与其他利益相关方产生冲突，特别是含氮废弃物增加后更是如此。一般地，网箱下方很少形成污塞或废弃物，因为罗非鱼的粪便是漂浮的且很容易碎裂。但这更易于散布，并可能最终导致淡水系统的富营养化，加快藻类生长和增加生物的需氧量(Pullin等, 1997)。如果水库是人类的生活水源，硝化作用以及链球菌等细菌感染会导致一些健康问题。人们最关心的可能是具有高度适应性的非本地鱼种通过逃逸或有意的释放一捕捞渔业进入水生环境中。这对天然水系统的影响特别大，例如拉丁美洲最大淡水系统——尼加拉瓜的科西沃尔加湖，该地区最近开始了罗非鱼养殖。中美洲丽鱼种最容易被罗非鱼取代。

本地区存在许多有关水产养殖项目的制度框架。在墨西哥，农业、家畜、农村发展、渔业和粮食部(SAGARPA)负责相关水产养殖法律的管理(渔业法, 2001)。国家水产养殖和渔业委员会(CONAPESCA)是直接负责水产养殖的部门。同时还有其他本地、市、州级管理机构。农业、家畜、农村发展、渔业和粮食部的任务和责任包括指定适合于水产养殖的区域，规范种类引入并推动水产养殖发展。农业、家畜、农村发展、渔业和粮食部制定了农业、家畜、农村发展、渔业和粮食 2001–2006 年行业计划，规定了合理开发渔业和水产养殖资源，在经济和社会方面提高渔业和水产养殖行业的盈利性。

墨西哥法律包括规划和运营阶段的综合法律。通过国家水产养殖和渔业委员会的许可、执照和授权体系管控联邦水体中水产养殖设施的建立。建立这些水产养殖设施应进行环境影响评估(EIA)，作预防性报告和授权。环境法要求对可能导致生态失衡或超出规定限制和条件的活动实施环境影响评估。当高风险生产活动产生排放量且导致了环境影响时，环境影响评估必须包括风险研究(通过分析项目的环境风险制定预防性方案和措施)、设施保护区描述以及环境安全措施说明。水产养殖设施必须从国家水资源委员会获得排放许可证，所有废水必须经过处理。目前有关于外来种类、药物、饲料和激素的规范，并且对抗生素的使用进行管理。新医药必须经过审批。所有鱼类和海产

品必须满足食品安全规范。国家水资源法(1992)的实施消除了水产养殖的用水限制，特别是开放水库和灌溉渠道用于网箱养殖(Fitzsimmons, 2000b)。

巴西于 2003 年成立了水产养殖和渔业特别秘书处，作为管理和发展渔业和水产养殖的主要机构。水产养殖和渔业特别秘书处目前正在制定国家计划，以确保水产养殖行业的可持续发展。水产养殖和渔业特别秘书处还可通过国家水产养殖和渔业理事会(CONAPE)作为咨询服务机构，其组成人员包括政府、公共行业和生产部门的代表。巴西环境研究所(IBAMA)是另一渔业管理机构，主要负责应对自然资源保护(包括水生资源)等环境问题、环境许可和水质控制。

联邦政府对水产养殖行业进行了战略投资，建立孵化场，安装水产养殖示范单元，同时为该行业提供特殊的财政信贷额度。支持水产养殖合作社、推广服务、调查和销售的国家计划也正在制定中(联合国粮农组织, 2004)。在政府增加了在公共水域实施网箱养殖的许可后，网箱养殖迅速发展(Lovshin, 2000)。例如，利用水库进行网箱养殖是水产养殖和渔业特别秘书处实施的主要发展计划之一。国际计划重点在于六个最大的水库，这六大水库位于该国的不同地区，即使这些水库区域仅有 1% 用于水产养殖，预计潜在产量也达到 1800 万公吨。政府目前正在制定在水库和其他公共水域中的网箱养殖规范，将网箱养殖限制在水库总面积的 1% 以内(Kubitza, 2004b)。

开展水产养殖前必须获得环境许可并实施环境影响调查；但巴西的环境许可体系不自动要求开展环境影响调查。只有对于可能对环境造成重大影响的活动，合理调查的要求才作为许可条件在宪法层面上强制作出(联合国粮农组织, 2004)。

网箱养殖的健康问题主要是细菌(例如，嗜水气单胞菌、柱状黄杆菌和海豚链球菌)、寄生虫(例如，白点病、车轮虫、鱼虱、箭虫)以及真菌(例如水霉)。最近，哥斯达黎加出现类似里克次氏体属微生物的胞内病原体(弗朗西斯氏菌)，可导致养殖初期(1 g 及以上)出现高死亡率。

经济情况和市场

与中国和其他亚洲国家相比，拉丁美洲和加勒比海地区的生产和市场规模较小(Fitzsimmons, 2000a)。拉丁美洲(厄瓜多尔、洪都拉斯和哥斯达黎加)是出口新鲜罗非鱼片到美国的主要国家，2005 年鲜鱼片出口占总出口价值的 35%。冷冻罗非鱼(包括整鱼和鱼片)主要产自中国、中国台湾和印度尼西亚。在过去几年间，美国的罗非鱼消费量快速增长，推动了拉丁美洲罗非鱼养殖的发展。2000 年，

美国进口了 40 469 公吨、价值为 1.014 亿美元的罗非鱼，到 2005 年增至 134 869 公吨，价值为 3.93 亿美元（USNMFS, 2005）。

为了使新鲜罗非鱼的价格超出来自亚洲的冷冻罗非鱼价格，美国市场的进一步发展也很重要（Watanabe 等, 2002）。在过去五年间，美国的罗非鱼进口年均增长 25%。因此，2005 年进口量创下 135 000 公吨的记录（表 13）。2005 年，美国进口的冷冻罗非鱼保持稳定，冷冻罗非鱼 98% 来自中国和中国台湾。美国罗非鱼市场的真正主导产品是来自中国的冷冻鱼片，一年内增长 54%。该产品的所有主要出口商都有不同规模的增长，但在美国冷冻罗非鱼片市场上占总供应量 80% 的中国增长迅速，从 2004 年的 28 000 公吨增至 44 000 公吨。

因此，美国罗非鱼市场差不多可分成两大部分，低价的冷冻罗非鱼市场和价格较高的新鲜罗非鱼片市场。市场上新鲜罗非鱼片的价格稳定在 3.85 美元/lb，尽管过去十年间价格整体上稳中有降，但这一价格对于出口商来说仍非常具有吸引力。冷冻罗非鱼片的价格远低于新鲜鱼片的价格。2005 年冷冻罗非鱼片的价格稳定在 1.68 美元/lb，比新鲜鱼片价格的一般还低。

新鲜罗非鱼片的发展趋势也很显著，2005 年比 2004 年增长 17%（表 14）。这一巨大的增长几乎全部来自于洪都拉斯，洪都拉斯是中美洲罗非鱼养殖获得成功的国家之一。另一个国家是巴西，2004 年到 2005 年出口量增至三倍。在向美国的新鲜罗非鱼片出口方面，拉丁美洲占据主导地位。在不久的将来，巴西将取代厄瓜多尔，成为向美国出口新鲜罗非鱼片的最大供应商。

巴西虾行业面临的疾病问题将使未来几年内罗非鱼养殖实现更大的发展。由于拉丁美洲国家竞争力增强且离有利的美国市场较近（空运成本较低），中国出口量全面下降。但是，对美国市场的高依赖性使许多生产国容易受贸易限制的影响。国际食品安全、质量和环境标准的重要性日益突出（Carvajal, 2005a）。

除了出口市场外，中美洲和南美洲（特别是巴西、墨西哥、哥伦比亚和古巴）的一些生产国的国内市场也在不断发展，但规模仍较小。例如，在哥伦比亚和墨西哥，国内需求消化了本地生产，向美国的出口量下降。由于本地市场的运输和加工成本降低，多样化经营有利于生产者。

本地区国内罗非鱼市场均欠发达，需要制定强大的销售计划支持行业的发展。针对本地区国内罗非鱼市场的发展几乎未采取任何举措。这对小规模生产者影响更大，因为他们的容量和规模更难达到出口市场的要求。

例如，巴西的罗非鱼产品包括活鱼、新鲜鱼、盐腌鱼、冷冻鱼和鱼片。价格根据市场上鱼产品的类型确定，每千克的市价：活鱼为 0.87–1.05 美元，新鲜鱼为 0.53–0.70 美元，盐腌鱼为 0.35–0.70 美元，鱼片为 2.10–3.51 美元（El Periódico de Acuicultura, Marzo 2004, # 2, año 1）。

本地区的网箱养殖占罗非鱼总产量的 10% 以下，小规模养殖者要获得进一步发展，必须进行投资较少的池塘养殖。尽管如此，网箱养殖预计将持续增长，特别是尼加拉瓜、洪都拉斯和古巴等国更是如此，这些国家已经获得了外国投资，并且具有支持鱼类快速生长的优良环境。

表13

美国的罗非鱼进口总量—按产品分类（公吨）

产品	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
冷冻整鱼	19 122	21 534	27 293	27 781	38 730	40 748	49 045	57 299	56 524
冷冻鱼片	2 499	2 696	4 971	5 186	7 372	12 253	23 249	36 160	55 615
新鲜鱼片	2 823	3 590	5 310	7 502	10 236	14 187	17 951	19 480	22 729
总计	24 444	27 820	37 575	40 469	56 337	67 187	90 246	112 939	134 860

来源：罗非鱼市场报告。联合国粮农组织，2006年2月。

表14

美国的新鲜罗非鱼片进口量—按出产地分类（公吨）

国家	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
厄瓜多尔	602	646	1 806	3 253	4 924	6 616	9 397	10 164	10 600
哥斯达黎加	1 656	2 206	2 310	2 684	3 109	3 206	3 996	4 090	3 734
洪都拉斯	164	436	771	1 038	1 438	2 874	2 857	4 042	6 572
中国	0	0	38	59	191	844	857	0	0
中国台湾	8	85	155	82	76	247	281	90	0
巴西	1	0	0	2	0	112	208	323	963
萨尔瓦多	0	0	0	0	0	78	189	258	307
巴拿马	61	4	20	159	350	147	96	93	84
其他	331	213	209	225	148	64	71	420	470
总计	2 823	3 590	5 310	7 502	10 236	14 187	17 952	19 480	22 729

来源：罗非鱼市场报告。联合国粮农组织，2006年2月。

值得一提的是，2005年智利一家大型鲑鱼公司和哥斯达黎加罗非鱼养殖公司宣布结成战略联盟。这些市场领先企业的联合将形成重大的协同关系，分享遗传选择、鱼类营养、信息系统以及一般养殖和加工方法等领域的技术和经验。这一举措将对全球罗非鱼市场，特别是对美国主市场的消费增长产生重大影响。

其他海水种类

金枪鱼养殖

金枪鱼是全球贸易中重要的海产品，年起岸量超过350万吨，占人类消费渔业总量的5%。金枪鱼产量的三分之一是新鲜鱼、冷藏或冷冻鱼，出口到日本、美国和欧盟（Paquotte, 2003）。除了金枪鱼渔业外，在可从野外捕获幼鱼并在大型海水围网中进行养殖的地方，捕捞水产养殖行业较发达。2001年到2002年间，利用此类“养殖”方法的北方和南方蓝鳍金枪鱼全球产量超过20000公吨。主要生产商位于澳大利亚、欧洲和墨西哥（墨西哥占总量的3%）（Sylvia、Belle和Smart, 2003）。

墨西哥是本地区蓝鳍金枪鱼、大眼金枪鱼（*T. obesus*）和黄鳍金枪鱼（*T. albacares*）的最大水产养殖出产国。2003年，蓝鳍金枪鱼养殖场产量为200公吨，2005年增至5000公吨（图23）。如果日本持续投资该行业，该行业预计将实现进一步发展（ATRTR, 2005）。墨西哥于1996年开始养殖金枪鱼，收效甚微。主要原因是厄尔尼诺和诺拉飓风等气候条件，同时也因为缺乏经验，导致了较高的死亡率。但墨西哥金枪鱼行业近年来开发的许多捕捞和养殖新技术使一些企业成为该新兴行业的重要竞争者。墨西哥特别适合养殖金枪鱼，有利条件包括温带气候环境、本地饲料充足、距离到美国的大型国际机场较近、法律规范有利并且人力成本低（Sylvia、Belle和Smart, 2003）。

养殖在海水环境中开展，因此网箱必须能

抵抗开放海域上的大浪、水流和大风。金枪鱼养殖系统的直径一般为40–50米，深度为15–20米，容量为18000–20000 m³（图24、25和26）。鱼的密度范围是2–5 kg/m³，水流范围<1–2节，具体情况依实际养殖场所而定（Sylvia、Belle和Smart, 2003）。在墨西哥，养殖活动位于加利福尼亚半岛和南下加利福尼亚州地区周围。最大的企业拥有15个以上网箱（直径为50米），2004年金枪鱼产量约为1000公吨。

2004年墨西哥金枪鱼出口量约为8900万美元，一半以下（3000万美元）出口到日本。2005年墨西哥和日本两国签署的自由贸易协定将进一步促进向日本的出口（ATRTR, 2005）。尽管优质产品的价格比在日本市场上低，但美国的金枪鱼市场也在快速增长。日本市场上较大的鱼价格也较高。与欧洲等市场相比，墨西哥生产的鱼一般较小，这在价格上也有所反映（25美元/千克，而较大的鱼价格为34美元/千克）（Paquotte, 2003）。金枪鱼行业的另一积极的经济效应是促进了墨西哥Sauzal沙丁鱼的捕捞，因为Sauzal沙丁鱼是金枪鱼的主要食物（ATRTR 2005）。

环境影响和法律

可以说，许多封闭水产养殖系统通过持续的供应降低了对野外捕获种群的压力（例如挪威和英国的大西洋鳕鱼（*Gadus morhua*）养殖）。但金枪鱼养殖业依赖于对幼鱼的捕获和选择，并将幼鱼喂养至能够繁殖的阶段，因此增强了对野生种群的压力。

所有地区均有金枪鱼捕获限额，是行业发展的限制因素；但针对这些限额的管理较差（Sylvia、Belle和Smart, 2003）。人工养殖金枪鱼已获得了一些进展，现在幼鱼可通过养殖的太平洋蓝鳍金枪鱼（*Thunnus orientalis*）（Sawada等, 2005）进行生产。但这些技术有待于实施有效的商业化。

图23
墨西哥的金枪鱼养殖



图24
墨西哥加利福尼亚半岛的金枪鱼养殖



图25
网箱中养殖的蓝鳍金枪鱼 (*Thunnus thynnus*)
幼鱼



图26
网箱中养殖的蓝鳍金枪鱼 (*Thunnus thynnus*)
幼鱼



大多数养殖业务仍依赖于野外捕获的鱼类作为饲料，例如沙丁鱼、鲭鱼和鱿鱼。在一些情况下，这些“饲料”可在全球范围内获得和运输。在澳大利亚，人们关注的问题是，在金枪鱼养殖场中引入非本地鱼种并进行喂食会导致澳大利亚本地沙丁鱼种群的病毒感染，从而导致巨大的生态影响 (Dalton, 2004)。

墨西哥沿海的许多地区及其岛屿生活着大规模的海狮群落。它们被金枪鱼养殖场网箱中漏出的剩余饲料或遗弃饲料所吸引。由于网箱规格原因，许多养殖场未在网箱上使用防掠食网，而是在周围使用了围栏，以防止海狮拖动网箱以及跳入网箱。一些养殖场在网箱表面周围使用电围栏。尽管有各种不同的技术，掠食活动一直是一个重大的问题。大多数养殖场普遍存在压力和较差的生长业绩。虽然许多鱼类由于大小原因在袭击后存活下来，但因受损其市场价值将大大降低 (Sylvia、Belle 和 Smart 2003)。鲨鱼等其他掠食者也被吸引至网箱，当缠住网具时会被杀死 (ATRT, 2005)。

本地区其他潜在的养殖场所包括哥斯达黎加，在离海岸线约2千米的位置设置了十个网箱。项目开始时每个生长周期的黄鳍金枪鱼产量为480公吨，根据捕获情况，一年有两到三个生长周期 (Carvajal, 2005b)。

水产养殖新种类—新网箱技术

在加勒比海地区养殖军曹鱼 (*Rachycentron canadum*) 和高鳍笛鲷 (*Lutjanus analis*) 等其他海水种类的可行性目前正在研究中。养殖军曹鱼的优势在于具有较高的市场价值 (8.80 美元/千克)，生长速度快，一年后个体规格可达到6-7千克。生长速度大约是大西洋鲑的三倍。军曹鱼的商业生产已经在中国台湾成功实施，目前大量的幼鱼通过专业孵化场进行生产。

2002年5月，波多黎各与迈阿密大学及其他合作机构共同启动了本行业的军曹鱼试验项目。该项目在库莱布拉岛附近水域中建立了两个 Ocean Spar 近海潜水网箱 (3 000 m³) (图 27)，其中一个网箱可容纳 12 000 条军曹鱼 (图 28)，另一个网箱可容纳 4 000 条高鳍笛鲷。

Ocean Spar 结构包括一个中央桅杆，周围是直径为 25 米的圆形钢圈。每个框架覆盖了桅杆，桅杆连接到适合于海水网箱形状的钢丝绳上。拉链式的网门易于潜水进入。网箱系统可通过桅杆的不同浮力快速升降 (<5 分钟)。网箱宽 30 米，高 15 米，系泊于至少 30 米深的水中。网箱通过四个 10 000 kg 的固定锚和压载物固定，它们在水面上是不可见的，唯一能证明其存在的是连接于导管的浮标，该导管可拖至水面，用于导入小鱼苗，同时喂养 20 000 条鱼，当鱼达到上市大小时，从导管中被抽取上来。网具须定期进行清洁 (Radford, 2005)。

潜水网箱技术将促进近海水产养殖真正向无遮蔽地区发展，此前这些地区的大浪阻碍了网箱养殖的发展。完全潜水网箱还能使海水水产养殖在加勒比海等易受飓风影响的地区开展。伯利兹 (Schonwald, 2006)、巴哈马以及圣基茨和尼维斯计划进一步发展潜水网箱系统进行军曹鱼养殖。

该系统的缺点是日常作业须依赖于潜水，不能以目视观测鱼群。此外，网箱对鲨鱼群有较大的吸引力，而鲨鱼可破坏渔网，使鱼逃逸 (Schonwald, 2006)。针对近海水产养殖问题的法律还未完全制定 (Dalton, 2004; Alston 等, 2005)。鲑鱼等一些种类不适合一直在水下环境中养殖，因为这些鱼类需要到水面上使泳鳔充气。

发展道路

近年来，拉丁美洲和加勒比海地区的网箱养殖获得了重大发展，为本地区的经济和社会发展带来了巨大变化。在智利尤为如此，智利和挪威目前是全球最大的鲑鱼生产国。智利的成功主要得益于自由贸易和开放的市场。在此基础上，智利与美国、欧盟和韩国等签署了一系列贸易协议。根据新自由主义经济政策，制定了各项法律，以应对水产养殖发展导致的重大问题，协助经济、生态和社会可持续发展。值得一提的是，本地区的其他国家也明确认为需要快速拓展网箱养殖，同时有效降低其环境影响。

控制逃逸鱼种，特别是非本地鱼种的数量仍是主要挑战，不存在单独的解决方法。改善养殖方法、替换旧网具和设备并有效地控制掠食者可极大地降低损失。尽管生产不育的动物可限制种群在野外的传播，但该方法具有较大的争议，仍需要得到消费者的普遍接受。

直到最近，鲑鱼的细菌疾病主要通过使用抗生素得以控制。其他地区的生产方式证明现代疫苗具有很高的效率，目前针对鱼类立克次体症等特定病原体已经获得了进展。综合管理、区域休渔、养殖场之间的处理协作以及健康信息分享可改善控制，降低抗菌剂的使用。这些技术也可用于本地区其他种类的养殖。

新网箱技术以及完全潜水系统的实现为易受飓风影响地区（大部分位于加勒比海地区）的近海水产养殖提供了新的发展机会。完全潜水运营的高成本是一大难题，限制了该技术向军曹鱼等高价值种类养殖领域的推广。一个有效的替代方案是使网箱在遇到恶劣天气时可潜入水中。

集约网箱养殖对当地环境具有影响，氮和磷含量增加，网箱下出现富化的“迹象”（Soto和Norambuena, 2004）。从这一迹象以及沉积物中出现的一系列种类可观察到生态变化。通过有效的监控和管理，这些影响是可逆的（Black, 2001）。与海水养殖系统相比，淡水系统更易于受到氮输入生态变化的影响。淡水中大型网箱养殖的进一步发展将需要实施谨慎的管理，以真正实现可持续发展。

如果不了解生态系统成分的时空分布和相互关系，不了解导致此类分布和行为的关系和过程，就不可能描述或预测生态系统行为（Perez等, 2002）。除了需要了解空间分布和关系，作出可靠预测还需了解时间趋势。从这个意义上说，地理信息系统（GIS）这一强大的工具可协助进行综合规划，特别适合开展沿海区域管理。为评估整个系统内网箱的效应（非局部效应，如网箱下方），应用承载量方法是很重要的。虽然这些调查已经在智利南部的一些湖泊中实施，但必须持续进行，水资源也必须进行持续监测。

图27
哥斯达黎加库莱布拉配备服务潜水员的
Ocean Spar完全潜水网箱



图28
哥斯达黎加库莱布拉的军曹鱼
(*Rachycentron canadum*)



本地区人力资源的质量不均一。随着水产养殖的发展，新问题已经产生，政府和私有企业的监控、营养、遗传、环境、收获、销售、规划、立法、财政和生物经济等领域均需要更专业的经验。此外，为应对这些新的挑战，需要加强研究调查。

水产养殖已经在本地区产生了重大的社会经济效应（本地区的智利和厄瓜多尔的水产养殖已很发达）。尽管如此，土建工程（道路、电力、通信、运输等）提供的服务基础设施仍有待发展。在卫生和教育领域也面临类似的情况，基础设施和专业能力非常有限。在很多情况下，私有部门开始投资基础设施并进行员工培训。本地和地区政府仍面临诸多挑战。

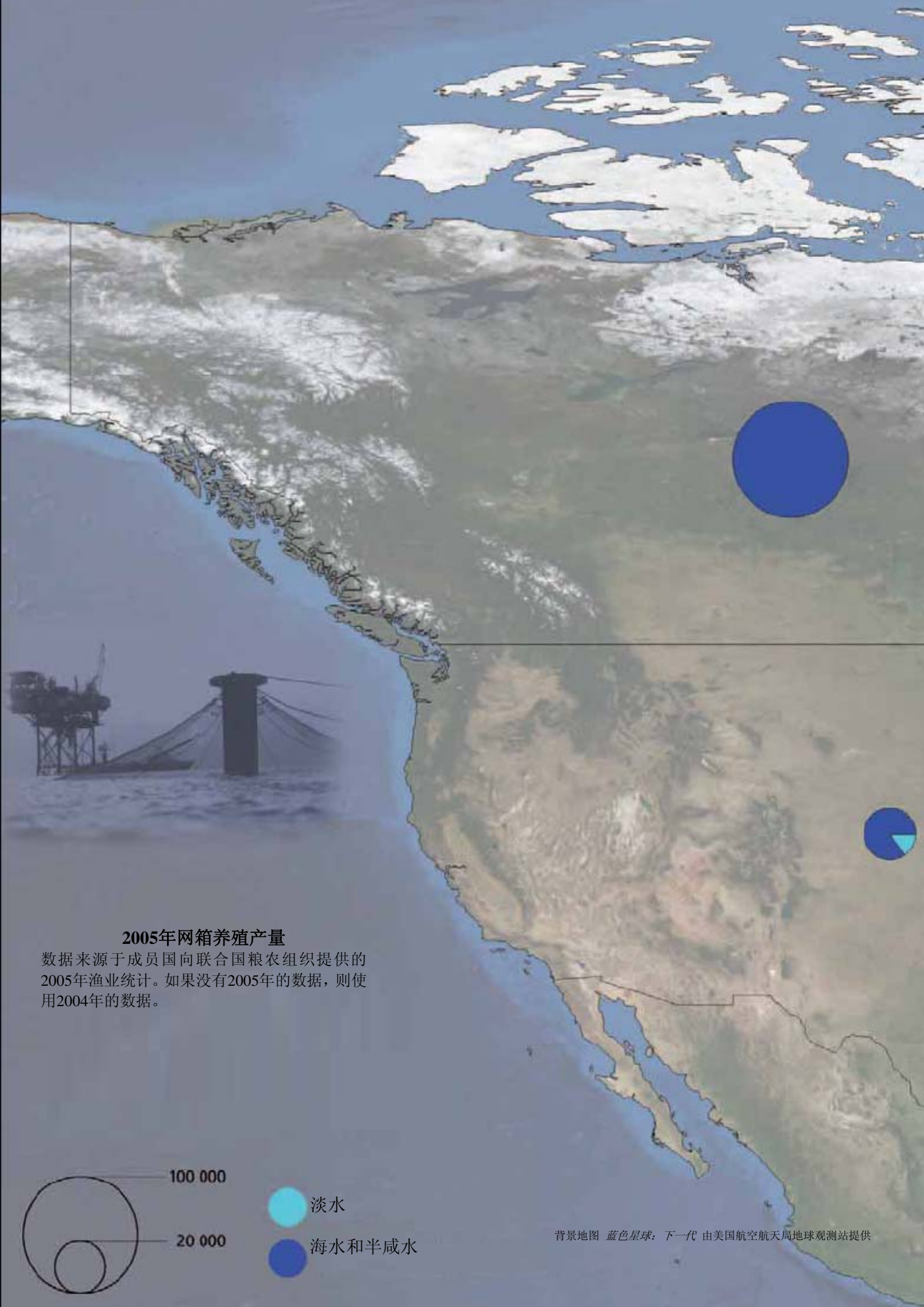
显然，本地区的水产养殖行业在很大程度上反映了当地政府的投入程度。水产养殖发展计划具有重要作用，公共和私有部门之间的协作将推动水产养殖行业的发展并避免重复工作。高效且负责任地利用自然资源必定能实现发展。

鉴于鱼粉和鱼油的有限性，水产养殖业和农业紧密合作很重要，以确保行业拓展能获得所需质量和数量的原材料。

参考文献

- Alcantara, F.B., Tello, S.M., Chavez, C.V., Rodriguez, L.C., Kohler, C.C., Camargo, W.N. & Colace M.** 2003. Gamitana (*Colossoma macropomum*) and paco (*Piaractus brachypomus*) culture in floating cages in the Peruvian Amazon. *World Aquacult.*, 34: 156–161.
- Alceste, C.C. & Jory, D.E.** 2002. World tilapia farming 2002. *Aquacult. Mag.* (also available at: www.aquaculturemag.com)
- Alston, D.E., Cabarcas, A., Capella, J., Benetti, D.D., Keene-Metzloff, S., Bonilla, J. & Cortés, R.** 2005. *Environmental and social impact of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters*. Final Report. 4 April, pp. 9–12. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), United States Department of Commerce.
- Alvarez Torres, P.** 2003. *National aquaculture sector overview–Mexico*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets, Rome, FAO, Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI).
- ATRT (Advanced Tuna Ranching Technologies).** 2005. *The Tuna-Ranching Intelligence Unit*. Special, November 2005 ICCAT Sevilla, Spain Meeting Edition. Madrid, 25 November.
- Barlow, S.** 2003. World market overview of fishmeal and fish oil. In P.J. Bechtel, (ed.). *Advances in seafood byproducts: 2002*, Conference proceedings, pp. 11–25. Fairbanks, Alaska, USA, Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska.
- Barrett, G., Caniggia, M.I. & Read, L.** 2002. There are more vets than doctors in Chile: social and community impact of the globalization of aquaculture in Chile. *World Developm.*, 30: 1951–1965.
- Beveridge, M.C.M.** 2004. *Cage aquaculture*, third edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd. 376 pp.
- Birkbeck, H., Rennie, S., Hunter, D., Laidler, T. & Wadsworth, S.** 2004. Infectivity of a Scottish isolate of *Piscirickettsia salmonis* for Atlantic salmon and immune response to this agent. *Dis. Aquat. Org.* 60: 97–103.
- Bjørndal, T.** 2002. The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquacult. Econ. Manag.* 6: 97–116.
- Black, K., (ed.)**. 2001 *Environmental impacts of aquaculture*, pp. 73–94. Sheffield, UK, Sheffield Academic.
- Buschmann, A., Riquelme, V., Hernández-González, M., Varela, D., Jiménez, J., Henríquez, L., Vergara, P., Guínez, R. & Filún, L.** 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *J. Mar. Sci.*, 63: 1338–1345.
- Cárdenas, N.J.C., Melillanca, P.I. & Cabrera, D.P.** 2005. *The EU-Chile Association Agreement. The fisheries and aquaculture sector in Chile. Issues arising*. Centro Ecocéanos, Puerto Montt, Chile.9: 191–195.
- Carvajal, P.** 2005a. *The new era of Chilean salmon*. Industry Report, pp. 12–14. Seafood Publication, 5. January.
- Carvajal, P.** 2005b. *Costa Rica to farm yellowfin tuna*. Intrafish Media. 23 August.
- Carvajal, P.** 2006. *Aquaculture in Latin America: the power of a giant*. Industry Report. Intrafish Media. 20 January.
- Collao, S.** 2003. *Trout economic study. Market access and poverty alleviation*. USAID/Bolivia. Economic Opportunities Office. 10/3. 9.
- Dalton, R.** 2004. Fishing for trouble. *Nature*, 30(9): 502–504.
- FAO.** 2005a. Fishstat Plus database: aquaculture production: quantities 1950–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO.** 2005b. Fishstat plus database: aquaculture production: values 1984–2004. Version 2.31. Rome.
- FAO.** 2006. Tilapia Maret Report. February 2006., Rome.
- Fitzsimmons, K.** 2000a. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In B.A Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 252–264. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Fitzsimmons, K.** 2000b. Tilapia aquaculture in Mexico. In B.A. Costa-Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 171–182. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- Gilbert, é.** 2002. *The international context for aquaculture development: growth in production and demand, case studies and long-term outlook*, pp. 47–52. Study No.7, Office of the Commissioner for Aquaculture Development, Canada.
- Gomes, L.C., Chagas, E.C., Martins-Junior, H., Roubach, R., Ono, E.A. & Lourenco, J.N.P.** 2005. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture, Pesq. agropec. bras.* 40(3): 299–303.
- Gupta, M.V. & Acosta, B.O.** 2004. A review of global tilapia farming practices. *Aquacult. Asia*, 10(1): 7–12, 16.
- Hernández-Rodríguez, A., Alceste-Oliviero, C., Sanchez, R., Jory, D., Vidal, L. & Constain-Franco, L-F.** 2001. Aquaculture development trends in Latin-America and the Caribbean. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, (eds). *Aquaculture in the Third Millennium*, pp. 317–340. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium. NACA, Bangkok and FAO, Rome.

- IDB (Inter-American Development Bank).** 2005. IDB in Peru. *Lake Titicaca trout*. (available online at <http://www.iadb.org/exr/am/2004/index.cfm?language=english&op=pressandpg=34>)
- Intrafish.** 2003. *Chile 2002—The beginning of a new era*, pp. 1–45. Intrafish Media. Industry Report, January 2003.
- Kubitza, F.** 2004a. *An overview of tilapia aquaculture in Brazil. ISTA 6: New Dimensions on Farmed Tilapia*. 6th International Symposium on Tilapia Aquaculture. Regional reviews. Philippines, 12–16 September 2004.
- Kubitza, F.** 2004b. *Cage culture in Brazil: a social, economic and environmental issue*. IWFRM 2004. International Symposium-Workshop on Integrated Water and Fisheries Resources Management in Developing Countries. SESSION IV—Integrated Water and Fisheries Resources Management in the Lake/Reservoir Ecosystem. Calamba, Philippines, 20–22 September 2004.
- Lovshin, L.** 2000. Tilapia culture in Brazil. In B.A. Costa- Pierce and J.E. Rackocy, (eds). *Tilapia aquaculture in the Americas*, Vol. 2, pp. 133–140. Baton Rouge, LA, USA, The World Aquaculture Society.
- McGinty, A.S. & Rakocy, J.** 2003. *Cage culture of tilapia*, pp. 27–34. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publ. No. 281.
- Orachunwong, C., Thammasart, S. & Lohawatanakul, C.** 2001. Recent developments in tilapia feeds. In S. Subasinghe & T. Singh, (eds). *Tilapia: production, marketing and technological developments - Proceedings of the Tilapia 2001 International Technical and Trade Conference on Tilapia, 28–30 May 2001*, pp. 113–122. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Paquotte, P.** 2003. Tuna in the international market for seafood. In C.R. Bridges, H. Gordin & A. García. 1. *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 12–18. Cartagena, Spain, International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Perez, O.M., Telfer, C., Beveridge, M. & Ross, L.** 2002. Geographical information systems (GIS) as a simple tool to aid modelling of particular waste distribution at marine fish cage sites. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 54: 761–768.
- Pullin, R., Palomares, M., Casal, C. & Pauly, D.** 1997. Environmental impact of tilapias. In K. Fitzsimmons, (ed.). *Tilapia aquaculture - Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, pp. 554–570. New York, NY, USA, Northeast Regional Aquacultural Engineering Service.
- Radford, T.** 2005. Tipping the scales. *The Guardian*, 31 March 2005.
- Sawada, Y., Okada, T., Miyashita, S., Murata, O. & Kumai, H.** 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquacult. Res.*, 36: 413–421.
- Schonwald, J.** 2006. A fish farmer's tale—could this be the next salmon? *Miami New Times*, 19 January 2006.
- Sepúlveda, M. & Oliva, D.** 2005. Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in southern Chile. *Aquacult. Res.*, 11: 1062–1068.
- Soto, D., Arismendi, I., Gonzalez, J., Guzman, E., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C. & Lara, A.** 2006. Southern Chile, trout and salmon country: conditions for invasion success and challenges for biodiversity conservation. *Rev. Chil. Nat. Hist.*, 79: 97–117.
- Soto, D., Jara, F. & Moreno, C.** 2001. Escaped salmon in the Chiloe and Aysen inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecol. Appl.*, 11: 1750–1762.
- Soto, D. & Norambuena, F.** 2004. Evaluating salmon farming nutrient input effects in southern Chile inland seas: a large scale mensurative experiment. 2004. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 1–9.
- Suplicy F.** 2004. *National aquaculture sector overview—Brazil*. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service (FIRI), Rome.
- Sylvia P., Belle, S. & Smart, A.** 2003. Current status and future prospective of bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) farming in Mexico and the west coast of the United States. In C.R. Bridges, H. Gordin and A.García, (eds). *Domestication of the bluefin tuna Thunnus thynnus thynnus Zaragoza*, pp. 197–200. Cartagena, Spain, First International Symposium on Domestication of the Bluefin Tuna.
- Tiedemand-Johannesen, P.** 1999. Salmonid culture: history and development. In S. Willoughby, (ed.). *Manual of salmon farming*, pp. 1–19. Oxford, UK, Fishing News Books.
- Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F.** 2002. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev. Fish. Sci.*, 10: 465–498.
- Welcomme, R.L.** 1988. *International introductions of inland aquatic species*, pp. 23–27. Fishery Resources and Environment Division, FAO Fisheries Department. Rome.
- Willoughby S.** 1999. Salmon farming technology. In S. Willoughby, (ed.). *Manual of salmon farming*, pp. 123–154. Fishing News Book. Oxford.



2005年网箱养殖产量

数据来源于成员国向联合国粮农组织提供的2005年渔业统计。如果没有2005年的数据，则使用2004年的数据。

100 000

20 000

淡水

海水和半咸水



网箱养殖评论：
北美洲

