

Presentación

Estimados lectores, me es grato presentar el Número 16 de la Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico (LAJED), el cual incorpora dos importantes novedades. Primero, a partir de la presente edición la revista dará cabida a un artículo de discusión en un amplio espectro de temas vinculados al quehacer económico, social, tecnológico y ético. Segundo, es importante señalar que junto con este número impreso se lanza el primer número de la revista en formato electrónico, el cual mantendrá la rigurosidad científica y se enmarcará en los protocolos de la plataforma Scielo.

Los temas que abordamos en esta publicación son variados y van desde un análisis económico del sector energético, pasando por una rigurosa investigación del encadenamiento productivo del país, hasta el discernimiento de un profundo artículo ético el que plantea la necesidad de preguntarnos: ¿de qué carácter debe estar construido un hombre para tomar buenas decisiones en un mundo inseguro, moderno y donimado por la economía y la tecnología?

Invitamos a nuestros lectores a sumergirse en la lectura de esta edición del LAJED a la par que agradecemos el constante apoyo del Señor Rector de nuestra universidad R. P. Dr. Petrus Johannes María van den Berg, OSA, así como a todas las autoridades de la UCB, por su constante apoyo a la ciencia.

Carta del Editor
IISEC-UCB

Farmers' willingness to adopt irrigation for quinoa in communities of the Central Altiplano of Bolivia

Disposición para adoptar tecnología de riego para quinua en comunidades del Altiplano Central de Bolivia

Cristal Taboada Armando Mamani** Dirk Raes*** Erik Mathijs****
Magalí García***** Sam Geerts***** Jere Gilles******

Abstract

Quinoa is considered a strategic crop because it is well adapted to the adverse abiotic conditions of the Bolivian Altiplano; however, the average yield is low. Previous studies have demonstrated that quinoa yield would increase with deficit irrigation technology. Nevertheless, to irrigate quinoa is not a normal practice in the farming systems of the Altiplano. This paper examines the main factors that determine the attitude of farmers towards adopting deficit irrigation using a sample of 137 surveys in seven communities of the Central Altiplano. Statistic analysis demonstrates that the most important factors influencing farmers' willingness for irrigation adoption are the acreage planted with quinoa, quantity of surplus

* Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Facultad de Agronomía. Proyecto QUINAGUA. E- mail address: cristal_taboada@hotmail.com

** Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Facultad de Agronomía. Proyecto QUINAGUA. E- mail address: armandomaman@yahoo.es

*** K.U. Leuven University, Division of Soil and Water Management, E-mail address : dirk.raes@fao.org

**** K.U. Leuven University, Division Agricultural and Food Economics. E-mail address : erik.mathijs@biw.kuleuven.be

***** Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Facultad de Agronomía. Proyecto QUINAGUA. E- mail address: magalygc1@yahoo.es

***** VLIR-UOS, Bolwerksquare 1A 1050 BRUSSEL. E-mail address: sam.geerts@vliros.be

*****University of Missouri, Department of Rural Sociology, E-mail address : gillesj@missouri.edu

production for trading, and having irrigation experience. Also, the age and education level were important to know willingness to adopt a new technology. Therefore, deficit irrigation is more likely to be performed in areas where farmers own larger fields and where there is already certain type of irrigation.

Keywords: quinoa, deficit irrigation, willingness for technology adoption

Resumen

Actualmente, se considera a la quinua como un cultivo estratégico debido a su capacidad de adaptación a las condiciones abióticas adversas que se presentan en el altiplano boliviano. No obstante, el rendimiento promedio es bajo. Estudios previos han demostrado que el rendimiento puede incrementarse haciendo uso de la tecnología de riego deficitario. Sin embargo, el uso de riego en la producción de quinua no es una práctica común entre los productores de la región altiplánica. Este estudio ha examinado los principales factores que determinan la disposición de las unidades productivas para adoptar la tecnología de riego deficitario. Para ello, se ha entrevistado a 137 productores de siete comunidades del altiplano central. Los resultados del análisis estadístico han demostrado que la disposición para adoptar la tecnología de riego deficitario para el cultivo de quinua es mayor en zonas donde los productores poseen mayores superficies de tierra y donde ya existe cierta práctica de riego.

Palabras clave: quinua, riego deficitario, adopción de tecnología.

Clasificación/Classification JEL: L00, Q00, Q10

1. Introduction

During the last decade, quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) has become more and more a cash export crop, as demonstrated by Bolivian statistics: in 2006, 7,641 tons were exported with a total value of US\$ 8,903,187 mainly to the USA, Japan and European markets. Moreover, demand for quinoa in developed countries keeps increasing: many consumers direct their consumption towards more healthy food, as quinoa is considered one of the best balanced food; it is an excellent source of protein and slow-releasing carbohydrates (Comai *et al.*, 2007). It can supply all of the body's requirements: carbohydrates, fats, protein, vitamins, minerals and fiber. Quinoa is gluten free and considered an ideal food for those prone to food allergies, making it beneficial for people who cannot tolerate common grains such as

wheat, corn, rye, barley and oats. In addition, many small producers organized in producer organizations (most of them in the Southern Altiplano) receive a price premium by selling their quinoa as Fair Trade and Solidarity Market.

In opposition to the opening of the international and national demand for quinoa, production levels in the main exporting countries (Bolivia and Peru) are low and constrained. Farmers constantly face restrictive production conditions, such as climatic risks (droughts, frost) (García *et al.*, 2004; Geerts *et al.*, 2006), the presence of only three wet months (December, January and February) and a very primitive way of farming. Thus, the production level is somewhat larger than the farmer's family consumption.

In this context a lot of quinoa is being sold and transported to foreign markets, as a non-registered product (black market) (FAUTAPO, 2005). However, studies by international agencies (FAO, 1998; CAF, 2001), found in quinoa one of the possibilities to improve the overall conditions of poverty in the production countries and particularly in the most depressed areas of the Bolivian Altiplano.

From a technical point of view, previous studies (García, 2003; Geerts *et al.* 2008), have demonstrated that quinoa yield can be increased by applying only a small amount of irrigation water during the growing period. It was demonstrated that with irrigation applications during the critical stages of growth, the yields can be stabilized around 2,000 kg/ha, which is much larger than the current average (500 kg/ha). In other words, the application of just a little amount of water might substantially raise the yield and thus the income of the farmer.

Although the implementation of irrigation systems for quinoa might help to increase and stabilize quinoa production levels, it requires additional community organization, additional investment, changes in farmer's orientation and technical training which might be difficult to achieve.

The purpose of this paper is to explore whether Bolivian farmers are willing to irrigate quinoa and to investigate which factors determine their willingness or lack of willingness. The remainder of this paper is organised as follows. Section 2 discusses the experiences in Bolivia with quinoa and irrigation. Data and methodology are provided in section 3. Section 4 provides the results of our analysis, section 5 is devoted to discussion and section 6 concludes the paper.

2. Quinoa in Bolivia

2.1. The origin of Quinoa

Since ancestral times, Andean man has consumed quinoa (*Chenopodium quinoa W.*) and named it the golden grain of the Incas. Quinoa was domesticated 5000 years B.C. This is based on the archeological discoveries made in Ayacucho, Peru. Quinoa production is found throughout the Andean region, i.e. to Bolivia, Peru, Ecuador, Chile, Argentina and Colombia (NEC, 2006).

Today, quinoa is cultivated mainly in Bolivia and Peru. However, during the last decade, Ecuador, Chile, Argentina and Colombia have started many research projects and studies on quinoa, such as: SICA (Agricultural Census and Information System) of the Agricultural Ministry of Ecuador; Quinuacoche CANOE program promoted by the Latin American Foundation in Colombia; Provincial Congress for Quinoa promoted by the Deputies Chamber of Salta, Argentina; Program of Encouragement for Business Design and Innovation promoted by the Euro Chile Foundation.

The quinoa plant represents an enormous biodiversity and its classification is based on ecotypes recognizing five categories (PROINPA, 2004; CEPROBOL, 2007):

1. Valley quinoa grows in the Interandean Valleys between 2000 and 3000 m.a.s.l.
2. Highland quinoa grows in the Central and Northern Altiplano of Bolivia and Peruvian Altiplano.
3. Salt quinoa, from Potosí, Bolivia
4. Sea level quinoa grows in Chile
5. Subtropical quinoa, grows in the Bolivian Interandean Valleys

2.2. Quinoa production system in the Central Altiplano

In the Central Altiplano farming systems are traditional and small. Farmers have developed mixed systems (agriculture and livestock) in order to diversify their production as a strategy to reduce production risk (Valdivia and Jete, 1996). This production system has as main crops: potatoes, quinoa, barley, cañahua and vegetables; livestock is composed of dairy production, sheep and lama. Dairy production has become more important than agriculture because the

encouragement and incentives given to this activity (Camacho, 2001). Crop rotation is one of the most important activities of crop management. The pattern of rotation is: potatoes, quinoa, bean and barley (Aliaga, 2006; Mamani, 2007).

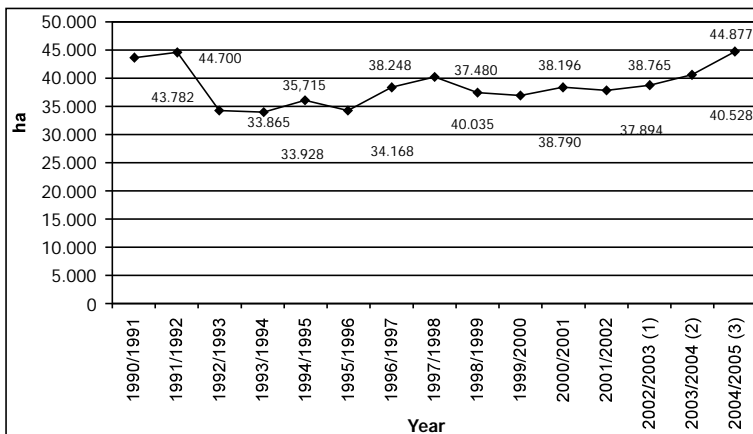
Most of the farmers in the Central Altiplano cultivate quinoa. Family labour is used throughout the entire production process (from sowing to harvest) (PROINPA, 2004). PROINPA (2004) calculated that mechanization would be possible on land areas from 21 to 80 hectares; thus increasing the potential of commercializing quinoa. Quinoa is generally sown in furrows or scattered at random after potato.

Climate and pests are the most important limiting factors; drought causes the loss of the whole quinoa plant. Frost also causes a significant reduction of production. Under the cited conditions the average yield reported is 500 kilogram per hectare (PROINPA, 2004).

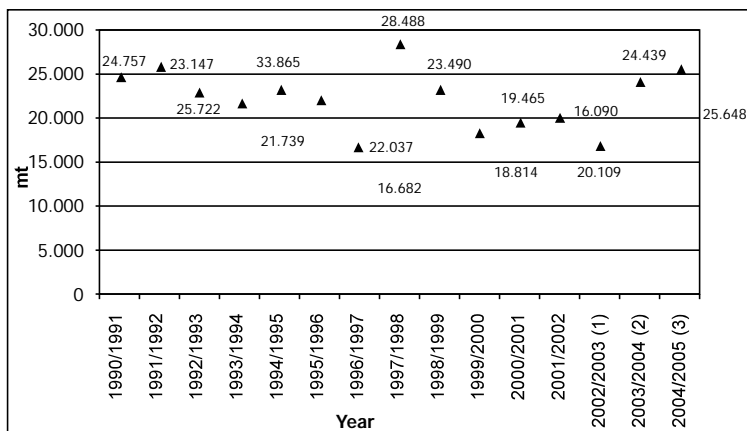
2.3. Quinoa production and trade

According to official information, the sown area of quinoa in Bolivia in 2000 was 36,847 ha with a total production of 23,875 tons (see figure 1). However, Crespo *et al.* (2001) and Brenes *et al.* (2001) (as cited by Ton and Bijman, 2006) provide somewhat lower production figures (21,850 metric tons). According to Ton and Bijman (2006), in 2000 the destination of the marketed surplus of quinoa (estimated at 7,618 metric tons) was as follows: registered exports (1,534 mt or 20%), estimated non-registered exports (black market) (2,800 mt or 37%) and domestic market (3,284 mt or 43%). Thus, Ton and Bijman (2006) emphasize that most Bolivian exports are informal and not registered with destination Peru; the registered formal exports go to the USA and Europe.

Figure 1: Quinoa Area (a) in hectares (ha) and production (b) in metric tones (mt) in Bolivia, 1991-2002



(a)



(b)

Source: INE Bolivia, MACA, SEDAG- Oruro, 2002.) (1), (2), Projected

2.4. Quinoa technology development and diffusion

In 1967 Bolivia started, with FAO participation, a programme to study and promote the quinoa crop. Bolivian Agricultural Technology Institute (IBTA) began research in the crop cultivation area. As a result, improved varieties were obtained. Nowadays, farmers are

using these varieties. The most important variety in the Central and Northern Altiplano is the Sajama variety (PROINPA, 2004), which is characterized by a low content of saponine. Therefore, this variety is called sweet quinoa.

Since the 1990s different institutions -such as the Self-development Peasant-Oruro Programme (PAC-CORDEOR), the Potosí Quinoa Programme (PROQUIPO) and IBTA- focused on improving harvest and post-harvest techniques. They promoted the use of sickles and reaping machines, as well as threshers. In 1998 the producer organizations ANAPQUI and CECAOT started up a project to solve the problem of chaff presence in the product. The FAO gave technical support to the project (Soto *et al.*, 2004).

In the frame work of the project “Sustainable Quinoa Production” supported by the McKnight Foundation, the PROINPA Foundation (Research and Promotion of Andean Products) is promoting and diffusing the use of technologies, such as the use of sickles for harvest, the thresher machine and the manual or mechanic scint machine. As result of a participatory work, PROINPA was able to introduce a proposal in harvest and post-harvest activities for quinoa (see Table 1).

Table 1
Characteristics of the traditional technology and the innovative proposal in harvest and post harvest activities of quinoa crop (Proposal presented by PROINPA FOUNDATION)

Activities	Traditional Technology	Innovative proposal
Harvest	Manual pulled up (root included)	Use of a cutting tool as sickles, reaping machine, pruning scissor, etc.
Dried	Heaps or arcs formed with the plants, they are in direct contact with the ground (the heads are ordered to the center and covered with straw, till the grains reach the appropriate humidity for thrash)	Use of canvas tarp for covering with different dimensions (for example 30 squared meters), in order to avoid the direct contact with the ground.
Trashed	The grain is extracted by rub of head, by hits of them, with curved sticks named 'huajitanas', or stone rollers or tires of vehicles	Use of thresher machine (the engine could be get from a tractor)
Cleaning and classification	The chaff are winnowed	Cleaning machine use (manual or mechanic)
Storing	The quinoa grains are stored in jute, cotton or polypropylene sacs	Use of metallic silos

Most of the research on quinoa is carried out on breeding, harvest and post-harvest technology improvement and even food technology. However, it is very difficult to find studies on irrigation, because quinoa is growing on marginal conditions of soil, climate and water resources scarcity (Geerts *et al.*, 2008). Nevertheless, there are a few studies on this topic that have demonstrated that a low level of supplemental irrigation of quinoa during flowering might have important effects on final yield, while the vegetative period is almost unaffected by drought (García, 2003; Geerts *et al.*, 2008). García (2003) and Geerts *et al.* (2008) have demonstrated that by applying deficit irrigation the production can be stabilized between 1,2 to 2 mt/ha. Solíz *et al.* (2002) conducted a study to evaluate saponine concentration (which makes the bitter taste of unprocessed grains) and composition in two quinoa cultivars 'Sajama' and 'Chucara', during plant development under three soil water deficit treatments. One of the findings showed that deficit irrigation reduced the saponin content facilitating the grain for further industrialization.

2.5. Quinoa production systems

In Bolivia, quinoa production systems could be grouped into two types of systems according to the growing region and farmer's production goal. Production systems of Northern and Central Altiplano, where quinoa is dedicated predominantly for self-consumption and production systems of the Southern Altiplano, where quinoa is dedicated primarily for commercializing. Communities settled in the Northern and Central Altiplano have quinoa as one of the basic components of their food although, potato is the main agricultural crop. In the South Altiplano quinoa is the only crop that has the capacity to adapt to the climatic conditions of the zone.

In the three Altiplano regions, quinoa is cultivated from September to May (austral summer months), nevertheless the production techniques are different according to the zonal conditions (climate, quinoa acreage, socio economic and others conditions) (Geerts, *et al.*, 2008b).

According with the mechanization, the follow cropping systems are found in the Northern, Central and Southern Altiplano: traditional, when there is no mechanization; semimechanized, when agricultural machinery is used at least in one stage of the production process and mechanized, when agricultural machinery is used twice or more in the production process.

Agricultural production systems in the Central Altiplano is characterized generally by multiple cropping system, production at low scale, small land size and the farmer's family constitutes the main source of labour. According to the characteristics, these zones have an economic system denominated farmer economy or "economías campesinas".

2.6. Technology adoption

Generally, the adoption of an innovation is a process that is influenced by technological, economic, socio-demographic, and institutional factors (Feder *et al.*, 1985). Previous research related to the adoption of irrigation systems has highlighted the influence of both external factors such as access to water and to infrastructure and the availability of technical and financial support on the one hand and farm-specific factors such as cropping patterns, household income, farmer education, age and experience, and social status on the other (Shrestha and Gopalakrishnan, 1993; Chikozho, 2005; Luquet *et al.*, 2005; Kulecho and Weatherhead, 2006; Blanke *et al.*, 2007; Namara *et al.*, 2007).

3. Methodology

We apply binary logistic regression (LR) to evaluate the influence of a set of independent variables on the dependent variable. Logistic regression does not assume a normal distribution of the independent variables. The relationship between the independent and dependent variables is not a linear function; instead, the model is represented as follow:

$$\log it (p) = \ln \left[\frac{P_i}{1 - P_i} \right] \quad (\text{Bewick, et al. 2005}) \quad (1)$$

Where:

p_i = Probability of $Y = 1$

$1 - p_i$ = Probability of $Y = 0$

The model with the inclusion of more than one explanatory (independent) variable may be written as follows:

$$\text{Logit}(p) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i \quad (\text{Bewick et al., 2005}) \quad (2)$$

Where:

p = Probability of $Y=1$ (irrigation willing or pay maintenance willing)

x_1, x_2, \dots, x_i = explanatory variables (socioeconomic variables)

To test the significance of the coefficients of the model, we applied the Hosmer and Lemeshow test of goodness of fit¹ and the iteration history². Also, the omnibus test and the classification rate³ were computed.

Willingness to pay a system irrigation maintenance fee was used as dependent variable in order to evaluate adoption technology willingness. The independent variables were selected by mean of previous analysis and literature review. We include five farm specific variables: acreage of quinoa, share of quinoa production sold, previous irrigation experience, age and education level of the farmer; and dummy variable for community that captures external factors.

3.1. Data

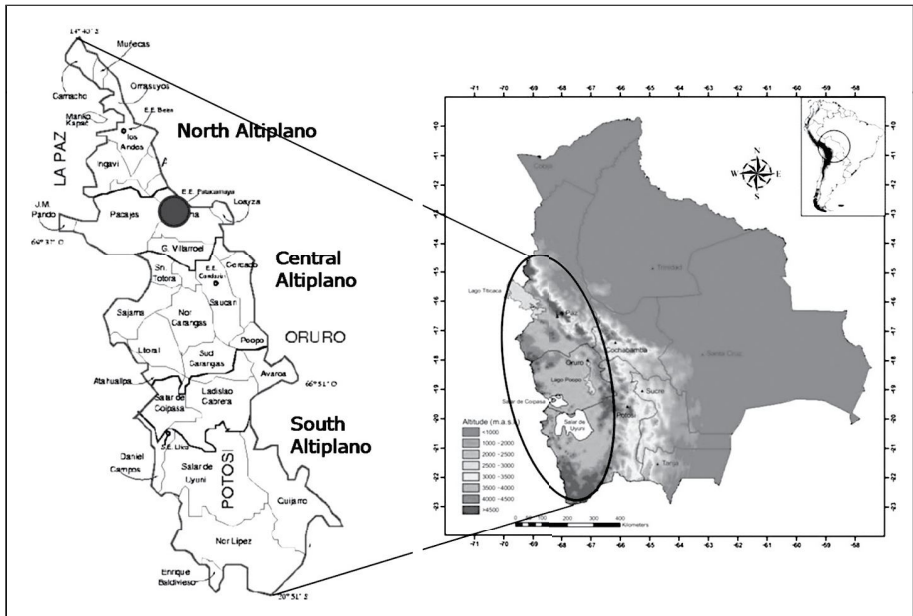
Primary data were collected in five communities of the municipality of Patacamaya: Patarani (17° 15' S, 68° 21' W), Manzanani (17° 51' S and 68° 21' W), San Martin (17° 56' S and 68° 42' W), Mantecani (17° 06' S and 67° 57' W) Toloma (17° 06' S and 68° 47' W) and two communities of the municipality of Umala: Iñacamaya (17° 20' S and 67° 54' W) and San José de Llangas (17° 20' S and 67° 45' W) in the Central Altiplano of Bolivia (figure 2).

1 The Hosmer and Lemeshow test is used to evaluate the global fit of the model; it is considered more robust than the traditional chi-square test (Garson, 1998 ; Aguayo, 2007; Alderete, 2006) especially when the model includes continuous covariates and the size sample is small. The test divides the observations into deciles and compares the observed probability with the expected probability for each decil.

2 The output shows the coefficients and the logarithm of the likelihood ratio into each process of iteration.

3 For dichotomous dependents variables Classification tables are 2 x 2 tables. The columns present the predicted values of the dependent, while the rows are the observed values. A perfect model, presents all cases on the diagonal and the overall percent correct will be 100%. If the logistic model has homoscedasticity (this is not a logistic regression assumption), the percent correct will be approximately the same for both rows.

Figure 2: Location of the Municipalities of Patacamaya and Umala in the Bolivian Altiplano



Source: FDTA- ALTIPLANO (2002)

The selection criteria to select these communities include:

1. There is at least some quinoa production.
2. There is access to irrigation.
3. At least some irrigation is applied (to any crop)
4. The communities agree with the study (the most important factor)

We collected survey and interview data from families with permanent residence in the community, thus we had 11 families for Manzanani, 20 families for Patarani, 20 families for San Martín, 30 families for Mantecani, 7 families for Toloma, 30 families for Ñacamaya and 20 families for San José de Llangas. In total 137 farmers have been interviewed.

A questionnaire was designed including the follow topics:

- Production. To know the importance of quinoa crop for the farmer; including variables as: acreage, production, production destination, reasons for cropping or not.
- Social characteristics. To know the farmers' social environment, including variables as: producer name, family size, age, education level, migration, main family activities, institutional environment, perception of development.
- Production costs, including variables as: labour for the whole production process including harvest and post-harvest.
- Commercialization costs, including variables as: place of sell, distance, transport cost, type of buyer and sell price.
- Transformation and consumption. Ways of consumption and transformation.
- Water resource use, including variables as: kind of water source, irrigation use, irrigation system, farmer's willingness to apply irrigation for quinoa, reasons to apply or not irrigation for quinoa, willingness to apply deficit irrigation, willingness to invest for irrigation system.

Small farmers in developing countries are very distrustful with foreign people and they frequently do not give all the information to the institutions (Ramesh, 2000); then it is important to get the farmer's trust. Therefore, participatory evaluation techniques were applied using an experimental field where farmers evaluated the crop growing: at initial, flowering and grain settling (harvest).

Whit participatory evaluation we were able to explain the research's objectives and the deficit irrigation technology; thus, they were able to compare yields with and without irrigation.

While the dependent variables are dummy variables following a question on the willingness to irrigate or pay a maintenance fee, the independent variables are defined as follows:

- Acreage of quinoa (continuous variable in hectares)
- Share of quinoa production for sale (coded as saleplan continuous variable in %)

- Irrigation experience (coded as irrigation, categorical variable that is the farmer already applies irrigation to quinoa or another crop, it takes the value 0 when farmer does not applies irrigation and 1 when farmer applies irrigation)
- Age (continuous variable).
- Education level (coded as educlevel, categorical variable grouped into three categories: 1 = Primary school, 2 = Incomplete secondary school, and 3 = Bachelor)
- Zone (coded as pid; categorical variable grouped into three zones according of findings of previous analysis of binary logistic regression: Zone 1 = Patarani, Manzanani and Mantecani; Zone 2 = Toloma, San Martín; Zone 3 = Iñacamaya, San José de Llangas.)

4. Results

4.1. General information

The study area may be classified into three zones considering the agricultural production system and the main economic activity. Table 2 shows the characteristics of each region.

Table 2
Characteristics of each zone by main activity and agricultural production system

Zone	Community	Municipality	Main Activity	Agricultural Production System
1	Iñacamaya San José de Llangas	Umala	Dairy production	Quinoa, Potato, Bean
2	Manzanani San Martín Patarani	Patacamaya	Dairy production Agriculture	Quinoa, Potato, Wheat, Bean
3	Mantecani Toloma	Patacamaya	Agriculture	Quinoa, Potato, Bean, Vegetables

The communities of Iñacamaya and San José de Llangas are located in the Municipality of Umala. Dairy production is the main economic activity and the agricultural production system corresponds to the cropping of quinoa, potato and faba bean. According with the mechanization, less than half of the sampled farmers in these communities use traditional technology. Irrigation generally is not used for agricultural production; thus, 70% of the interviewed farmers use irrigation for forage crops, while only about 20% uses irrigation for potatoes.

The communities of Manzanani, San Martín and Patarani are located in the Municipality of Patacamaya, they have livestock as main economic activity and crop production as secondary activity. Potato and quinoa are the main crops. With regard to mechanization, a large share of the sample (80%) practices traditional technology. Irrigation is not used a lot for agricultural production: only 40% of the interviewed farmers use irrigation. There are specific crops which are irrigated, such as alfalfa, barley, potato and vegetables (e.g, beans).

The communities of Mantecani and Toloma are also located in the Municipality of Patacamaya. The commercialization of onion, carrot and lettuce is the main economic activity. The agricultural production system is conformed by quinoa, potato, faba bean and vegetables. Into the three regions, the family labour is involved in the whole productive process. Nevertheless, in relation with mechanization use, relatively few farmers (20%) utilize traditional technology. All farmers interviewed use irrigation for agricultural production. The main crops are vegetables such as onions, carrots and lettuce. Irrigation is used for these crops as well as beans and potato.

According to the results of our survey, potato is the most important crop and quinoa represents the second most important crop for all farmers of the communities. All the families interviewed in the communities of Ñacacaya and San José de Llangas produce quinoa at small scale ranging from 0.25 ha to more than 4 ha. In the communities of Manzanani, San Martín and Patarani less than half of the sample produces quinoa on acreage of 0.25 to 1.6 ha. Over half of the families interviewed in Mantecani and Toloma is cropping quinoa (table 3).

Table 3
Main agricultural production systems

	Community						
	Manzanani %	Patarani %	San Martín %	Ñacacaya %	San José %	Mantecani %	Toloma %
Quinoa	100	100	100	43	25	95	57
Potato	100	100	100	100	100	100	100
Bean	100	47	100	50	0	90	57
Onion	0	0	0	0	0	76	86
Carrot	0	0	0	0	0	37	71
Lettuce	0	0	0	0	0	13	0

4.2. Willingness to adopt deficit irrigation to quinoa

As the aim of the research was to find the main factors that would influence the adoption of deficit irrigation technology for quinoa, the present study examined the effect of independent variables: Acreage of quinoa, share of quinoa production for selling, irrigation experience, age and education level on dependent variable willingness to apply irrigation.

The survey shows that more than 50% of all farmers are willing to irrigate quinoa. Table 5 displays the Wald statistic for each independent variables as well as dummy variables. Variables with Wald statistic significance less than 0.05 denote that the variable is significant in the model.

Table 4
Definition and summary statistics of independent variables

			Wald Score	df	Sig.
Step 0	Variables	pid	6.182	2	0.045
		pid(1)	4.587	1	0.032
		pid(2)	4.352	1	0.037
		acreage	3.052	1	0.081
		saleplan	12.115	1	0.001
		irrigation(1)	3.748	1	0.053
		age	24.774	1	0
		educlevel	50.063	2	0
		educlevel(1)	49.914	1	0
		educlevel(2)	16.243	1	0
	Overall Statistics		60.781	8	0

Table 5
Logit regression with willingness to pay a maintenance fee for irrigation system as dependent variable

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	Pid			4.587	2	0.101	
	pid(1)	1.299	0.674	3.719	1	0.054	3.667
	pid(2)	0.16	0.828	0.038	1	0.846	1.174
	Acreage	0.873	0.56	2.434	1	0.059	2.394
	Saleplan	0.037	0.016	5.033	1	0.025	1.037
	irrigation(1)	-15.737	0.7262	46.966	1	0.030	0.207
	Age			11.793	3	0.008	
	Educllevel			26.298	2	0	
	educelevel(1)	-3.916	0.969	16.315	1	0	0.02
	educelevel(2)	-0.598	1.081	0.306	1	0.58	0.55
	Constant	4.085	1.277	10.235	1	0.001	59.465
Variable(s) entered on step 1: pid, acreage, saleplan, irrigation, age, duclevel							

The regression analysis (table 5) shows that acreage of quinoa (acreage), irrigation experience (irrigation), age, education level (educelevel) and share of quinoa production for sale (saleplan) are statistically significant in the model. Despite the variable zone presents a significance value over 0.05, zone 1 composed by the communities San Martin, Patarani and Manzanani displays a significant value which might be related with quinoa acreage. Variables in the equation display the sign we expected.

Results indicate a consistent pattern of adoption technology with other studies (Iqbal, 2007; Mgaba-Semgalawe and Folmer, 2000; Namara *et al.*, 2007).

Variables included in the model are: acreage or size farm, it was relevant also for Iqbal (2002) who found that farm size would be a decisive factor to adopt high yielding wheat varieties and Karami (2006) who classified farmer into small, medium and large according whit the farm size for adoption irrigation technology and found the total of farmers classified as large were willing to adopt an appropriate technology.

Irrigation experience is also included in the model and it is supported by research of Cameron (1999); is important to consider also that farmers who use irrigation have water

access. Variables age and education level are consistent with findings of several researchers like Iqbal (2002) who found that younger farmers are more willing to adopt high yielding wheat varieties, Mgaba-Semgalawe (2000) found also that older farmers have negative influence on perception, adoption and investment for the improving of soil conservation.

5. Conclusions

The study area was classified into three zones considering the agricultural production system and the main economic activity. The first group, composed by Mantecani, Manzanani and Patarani, has as main economic activity agriculture and quinoa acreage larger than the second group that is conformed by Toloma and San Martin; these communities show small quinoa acreage (less than 0.5 hectares) and the third group, composed by Ñacamaya and San José de Llangas, has as main economic activity livestock.

Nevertheless these specific characteristics, results of binary logistic regression displayed that the factor zone is not a decisive factor for adopting deficit irrigation.

The main findings demonstrate that deficit irrigation technology is more likely to be picked up in areas where farmers own larger fields where they can obtain surplus production for sale and where there is already certain type of irrigation.

On other hand also social factors should be taking into account because young people is more willing to adopt new technology than older people as well as people who reaches a higher education level.

Also is important to remark that farmers decide to plant thinking at first for food for family. This is the most important reason for what the destination of the production is mainly self consumption.

Artículo recibido en: mayo de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: agosto de 2011

References

1. Aguayo, M. (2007). Cómo hacer una regresión logística con SPSS “paso a paso”. Fundación Andaluza Beturia para la Investigación en Salud (FABIS). DOCUWEB FABIS Dot. Num 0702012. Available at: http://www.fabis.org/html/archivos/docuweb/Regres_log_1r.pdf.
2. Alderete, A.M. (2006). Fundamentos del análisis de la regresión logística en la investigación psicológica. Laboratorio de Evaluación Psicológica y Educativa. *Revista Evaluar* N° 6. 52-67.
3. Aliaga, S. (2006). Evaluación participativa con enfoque de género sobre los usos, restricciones y oportunidades de la quinua en seis comunidades del municipio de Sica Sica. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 94 pp.
4. Bewick, V.; Cheek, L.; Ball, J. (2005). Statistics review 14: Logistic regression. Pub Med Central. Published online 2005 January 13. doi: 10.1186/cc3045. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1065119>
5. Blanke, A.; Rozelle, S.; Lohmar, B.; Wang, J.; Huang, J. (2007). Water saving technology and saving water in China. *Agricultural Water Management* 87: 139-150.
6. Brenes, E. R., Madrigal, K. and Crespo, F. (2001a). El cluster de la soya en Bolivia: diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Documentos de Trabajo. Programa de Competitividad, CLACDS-INCAE.
7. Camacho, M. (2001). La gestión del espacio y las prácticas de manejo del suelo en la región altiplánica de Bolivia: el caso de la comunidad de Patarani en la provincia Aroma. Tesis de M.Sc. en Ecología y Conservación, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
8. Cameron, L. (1999). The Importance of Learning in the Adoption of High-Yielding Variety Seeds. *American Journal of Agricultural Economics*, 81 (1): 83-94.
9. Crespo, F.; Brenes, E.; Madrigal, K. (2001). *El cluster de la quinua en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas*. Proyecto Andino de Competitividad-CAF. INCAE, La Paz, Bolivia.

10. CEPROBOL (2007). Perfiles sectoriales de productos. Quinoa y derivados, perfil sectorial. Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos. Viceministerio de Relaciones Económicas y Comercio Exterior. Dirección de investigación e información.
11. Chikozho, C. (2005). Policy and institutional dimensions of small-holder farmer innovations in the Thukela River Basin of South Africa and the Pangani River Basin of Tanzania: a comparative perspective. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 913-924.
12. Comai, S.; Bertazzo, A.; Bailoni, L.; Zancato, M.; Costa, C.V.L.; Allegri, G. (2007). The content of protein and nonproteic (free and proteinbound) tryptophan in quinoa and cereal flours, *Food Chem.* 100: 1350-1355.
13. Cooperación Andina de Fomento (CAF), Centro para el Desarrollo Internacional- Universidad de Harvard (CID), Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible (CLACDS-INCAE). (2001). Caracterización y análisis para la competitividad de la quinoa en Bolivia. Proyecto andino de competitividad. Available at: <http://www.cid.harvard.edu/archive/andes/documents/presentations/analisisdelaquinoaenbolivia.pdf>
14. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1998). Under-utilized Andean food crops. Latin America and the Caribbean. Rome, Italy.
15. FAUTAPO. (2005). Estudio línea base 2001-2004. Programa Altiplano Quinoa Sur. Bolivia. pp. 36-37.
16. Feder, G.; Just, R.; Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2): 255-298.
17. Fundación para el Desarrollo Tecnológico del Altiplano. FDTA-ALTIPLANO. (2002). Prospección de demandas de La cadena productiva quinoa en Bolivia. Available at: <http://www.fdtal-altiplano.org/quinoa%20presen/IndiceGeneral.htm>
18. García, M. (2003). *Agroclimatic study and drought resistance analysis of Quinoa for a deficit irrigation strategy in the Bolivian Altiplano*. Doctoral dissertation, K.U.Leuven University, Dissertaciones de Agricultura, N° 556.

19. García, M.; Raes, D.; Allen, R.; Herbas, C. (2004). Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian Highlands (Altiplano). *Agricultural and forest meteorology* 125 (2004): 67-82.
20. Garson, D. (1998). *Logistic Regression*. Copyright 1998. Available at: <http://www2.chass.ncsu.edu/garson/PA765/logistic.htm>. Last update 08/04/08.
21. Geerts, S.; Raes, D.; García, M.; Del Castillo, C.; Buytaert, W. (2006). Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. *Agricultural and forest meteorology* 139 (2006): 399-412.
22. Geerts, S.; Raes, D.; García, M.; Vacher, J.; Mamani, R.; Mendoza, J.; Huanca, R.; Morales, B.; Miranda, R.; Cusicanqui, J.; Taboada, C. (2008). Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Europ. J. Agronomy* 28 (2008): 427-436.
23. Instituto Nacional de Estadística (INE), s.d. Available at: http://www.ine.gov.bo/cgi-bin/Panuario_00xx.exe/CUADRO
24. Iqbal, M.; Azeem, M.; Ahmad, M. (2007). Adoption of Recommended Varieties: A Farm level Analysis of Wheat Growers in Irrigated Punjab. Pakistan Institute of Development Economics. Available at: http://mpr.ub.uni-muenchen.de/2537/01/MPRA_paper_2537.pdf
25. Karami, E. (2006). Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. *Agricultural systems* 87 (2006): 101-119.
26. Kulecho, I.K.; Weatherhead, E.K. (2006). Adoption and experience of low-cost drip irrigation in Kenya. *Irrigation and Drainage*, 55(4): 435-444.
27. Luquet, D.; Vidal, A.; Smith, M.; Dauzat, J. (2005). More crop per drop: How to make it acceptable for farmers? *Agricultural Water Management* 76:108-119.
28. Mbaga-Sembalawe, Z.; Folmer, H. (2000). Household Adoption Behaviour of Improved Soil Conservation; The case of the North Pare and West Usambara Mountains of Tanzania. *Land Use Policy* 17:321-336.

29. Mamani, A. (2007). Evaluación participativa y socioeconómica de la aplicación de riego en el cultivo de quinua en tres comunidades del municipio de Patacamaya. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
30. Namara, R.; Nagar, R. K.; Upadhyay, B. (2007). Economics, adoption determinants, and impacts of micro-irrigation technologies: Empirical results from India. *Irrigation Science*, 25:283-297.
31. NEC. Núcleo Ejecutor Central. (2006). Producción y comercialización de quinua en Tantana Acroco, Ayacucho. Available at: <http://www.nec-tambillo-acocro.com/quinua/Quinua.htm>
32. PROINPA. (2004). Estudio de los impactos sociales, ambientales y económicos de la promoción de la quinua en Bolivia.
33. Ramesh C. (2000). Perspectives for Small Farmers in Developing Countries: Do They have a Future? Centre for Advanced Training in Agricultural & Rural Development, Faculty of Agricultural and Horticultural Sciences, Humboldt University, Berlin, Germany.
34. Shrestha, R.B. and Gopalakrishnan, C. (1993). Adoption and Diffusion of Drip Irrigation Technology. An Econometric-Analysis. *Economic Development and Cultural Change*, 41 (2): 407-418.
35. Solíz-Guerrero, J.; Rodríguez, D.; Rodríguez-García, R.; Angulo-Sánchez, J.; Méndez-Padilla, G. (2002). Quinoa Saponins: Concentration and Composition Analysis. 110-114.
36. Soto, J.L.; Rojas, W.; Saravia, R.; Marconi, J.L. (2004). Experiencias de técnicas de cosecha y postcosecha en el cultivo de quinua en Bolivia. *Leisa revista de agroecología*, 20 (3)
37. Ton, G. and Bijman, J. (2006). The role of producer organizations in the process of developing and integrated supply chain; experiences for quinoa chain development in Bolivia. Available at: <http://www.mst.wur.nl/NR/rdonlyres/0BCD655A-A66C-4BEB-B102-21156DDE7539/34823/TheRoleofproducerorganisationsintheprocessofdevelopo.pdf>

38. Valdivia Score, C. and Jetté, C. (1996). Peasant households in semi-arid San José: confronting risk through diversification strategies. *Serie de informes técnicos SR-CSRP, IBTA 181/technical report49/SR-CRSP47*.
39. Van Damme, P. (2002). Disponibilidad, uso y calidad de los recursos hídricos en Bolivia. *Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia*. Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo. Available at: http://www.zabalketa.org/documentos/tecnicos/recursos_hidricos_boli.pdf
40. Viceministerio de Riego (2007). Boletín Riego en Bolivia N° 14. La Paz, Bolivia. Available at: <http://www.riegobolivia.org/boletines/BoletinElectronicoRiegoBolivia4/index.htm>

Hodrick–Prescott, Goodwin y ciclos económicos en Bolivia

Hodrick–Prescott, Goodwin and Business Cycles in Bolivia

*Horacio Villegas Quino**

*Raúl Rubín de Celis***

*Javier Aliaga Lordemann****

Resumen

Los ciclos económicos no tienen un comportamiento idéntico en el corto y largo plazo, mostrando que no existe equilibrio ni de corto ni largo plazo. La causa principal de la inestabilidad es la incidencia de las fuerzas exógenas en la economía doméstica. Un posible aumento de estas fuerzas exógenas hace que los ciclos del producto sean cada vez más inestables.

La interacción del acelerador con la propensión marginal a ahorrar y el tiempo que se dedica a la producción de nuevos bienes de capital y consumo, pueden minimizar el efecto de las fuerzas exógenas. La interacción anteriormente mencionada se la puede aproximar como el *ambiente de la inversión*; cuanto más alta ésta sea, mayor será la posibilidad de reducir posibles choques externos.

Palabras clave: Ciclos económicos, equilibrio, estabilidad, corto plazo, largo plazo, acelerador, no linealidad, inestabilidad, caos.

* Investigador senior y administrador del proyecto CELA del Instituto de Investigaciones Socio Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCBSP). La Paz – Bolivia. Contacto: horaciovq@gmail.com

** Investigador asociado del Instituto de Investigaciones Socio Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCBSP). La Paz – Bolivia. Contacto: celis@ucb.edu.bo

*** Director del Instituto de Investigaciones Socio Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCBSP). La Paz – Bolivia. Contacto: jaliaga@ucb.edu.bo

Abstract

Business cycles do not show identical behavior in the short and the long term, evidencing that there is no equilibrium. The main cause of instability is the incidence of exogenous forces on the domestic economy. A possible increase of these exogenous forces causes more instability in the cycles of the product.

The interaction between the accelerator and the marginal propensity to save, and the time devoted to the production of new capital goods and consumption, can minimize the effect of exogenous forces. The interaction mentioned above can be approximated as the *investment environment*; the higher this is, the greater the possibility of reducing external shocks.

Keywords: Bussines Cycles, Equilibrium, Stability, Short run, Long run, accelerator, nonlinearity, instability, chaos.

Clasificación/Classification JEL: C62, E32

1. Introducción

El descubrimiento de que ciertos fenómenos de dinámica económica, en particular los ciclos persistentes (continuos), no pueden ser enfrentados efectivamente por medio de modelos lineales, ha llevado a un creciente número de investigadores a hacer uso de métodos de análisis no lineal. Según Navarro (2002), esto es necesario para un profundo entendimiento del comportamiento complejo de sistemas dinámicos. Equilibrio estable e inestabilidad, incluso ciclos límites, son revelados ahora, más que como una configuración, en un más rico y complejo universo teórico. Tan pronto como la linealidad ha sido dejada, incluso un modelo simple puede mostrar un comportamiento muy complicado.

Encontrar causalidad entre series puede ser, en algunos casos, bastante simple; pero el análisis no lineal permite una mejor aproximación entre algunas variables. Es decir que la causalidad y los supuestos de muchos modelos pueden ser bastante aceptables, pero la forma de aproximación de estos modelos a una forma lineal, limita el análisis y puede llevar a teorías equivocadas.

Goodwin (1951) desarrolló un modelo no lineal, enfatizando la importancia de la inversión como generador de ciclos económicos. El modelo de Goodwin tiende a ser estable a pesar de ser no lineal. Recientemente Chian (2007) se basa en Lorenz y Nusse, los cuales

reconstruyen el modelo y muestran que el caos está presente en el modelo, y éste es alto en la medida que la no linealidad del modelo es elevada. Por ello, este documento analizará los ciclos económicos en Bolivia a partir de estas nuevas consideraciones al modelo de Goodwin. Cuantificará los parámetros y obtendrá los ciclos mediante el filtro Hodrick–Prescott, y predecirá el comportamiento de éstos en la economía boliviana.

2. Modelo de Van der Pol forzado de ciclos económicos no lineales

Goodwin (1951) definió una ecuación oscilatoria sobre el producto y la inversión:

$$\epsilon \theta \ddot{y} + (\epsilon + (1 - \alpha)\theta) \dot{y} - \varphi(\dot{y}) + (1 - \alpha)y = 0^*(t) \quad (1)$$

donde $y(t)$ es el ingreso, α es la propensión marginal a consumir, $\varphi(\dot{y})$ refleja las decisiones de inversión, $0^*(t)$ estaría compuesto por variables exógenas en el periodo $t + \theta$, ϵ es el tiempo en que se tarda en producir nuevos bienes de consumo y θ es el tiempo que se tarda en la fabricación de bienes de capital. Los valores de ϵ y θ están expresados en años.

Chian (2007) y Matsumoto (2007) mencionan a Lorentz, Lorenz y Nusse que consideraron la siguiente generalización de la ecuación (1), la cual suponía un comportamiento caótico en el multiplicador acelerador no lineal de Goodwin.

$$\ddot{x} + A(x)\dot{x} + B(x) = I(t) \quad (2)$$

donde $A(x)$ es una función par (*even function*) con $A(0) < 0$, y $B(x)$ es una función impar (*odd function*) con $B(0) = 0$. Asumiendo que los gastos de inversión son una función periódica y continua del tiempo:

$$I(t) = \alpha \sin(\omega t) \quad (3)$$

donde α es la amplitud de la fuerza exógena y w la frecuencia de la fuerza exógena, y

$$A(x) = \mu(x^2 - 1), B(x) = x \quad (4)$$

Obtenemos un modelo de Van der Pol forzado de ciclos económicos no lineales.

$$\ddot{x} + \mu(x^2 - 1)\dot{x} + x = \alpha \sin(\omega t) \quad (5)$$

De acuerdo a estas consideraciones, se podría aproximar la ecuación (1) a la siguiente expresión:

$$\in \theta \dot{z} + (\in + (1 - \alpha)\theta)\dot{z} - \varphi(\dot{z}) + (1 - \alpha)z = \alpha \sin (wt + b) \quad (6)$$

Asumiremos que $\alpha \sin (wt + b)$ es el componente no lineal de la tendencia del producto, donde α está compuesto por fuerzas exógenas (exogenous forces), w es la frecuencia de dicha fuerza exógena y b refleja el periodo en el cual comienza dicha fuerza exógena.

Aproximando (6) a la ecuación de Van der Pol se tiene:

$$\dot{z} + [v - \in - (1 - \alpha)\theta](z^2 - 1)\dot{z} + z = \alpha \sin (wt + b) \quad (7)$$

donde v es el acelerador no lineal.

3. Modelo econométrico

La tendencia Hodrick–Prescott es una tendencia no lineal. Por tanto, una manera de expresar dicha tendencia puede ser:

$$y_{hp} = c + \gamma t + NLT \quad (8)$$

donde y_{hp} es la tendencia Hodrick–Prescott, $c + \gamma t$ es la tendencia lineal y NLT es el componente no lineal de la tendencia Hodrick–Prescott.

Se debe tratar de aproximar NLT a una forma funcional. De acuerdo a las ecuaciones (6) y (7), NLT sería:

$$NLT = \alpha \sin (wt + b) \quad (9)$$

4. Resultados

En Aliaga, Rubín de Celis y Villegas (2011) se muestran los siguientes resultados para α , \in y θ :

Cuadro 1
Parámetros en su forma estructural del modelo de Goodwin

α	0.82314
ϵ	0.27933
θ	13.0603

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la estimación del acelerador se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 2
Acelerador no lineal del modelo de Goodwin

V	4.32977
R ²	0.76536
R ² Ajustado	0.76536

Fuente: Elaboración propia

4.1. Componente no lineal

El cálculo del componente no lineal se lo realizó a partir de la expresión (8) a través de una regresión lineal, para así poder obtener el componente no lineal. La serie *NLT* presenta problemas de raíz unitaria, por tanto la expresión (9) se tuvo que diferenciar dos veces para poder usar variables estacionarias en la regresión.

Cuadro 3
Parámetros del componente no lineal de la tendencia

α	0.05116
w	0.34623
b	2.11664
R ²	0.54992
R ² Ajustado	0.51391

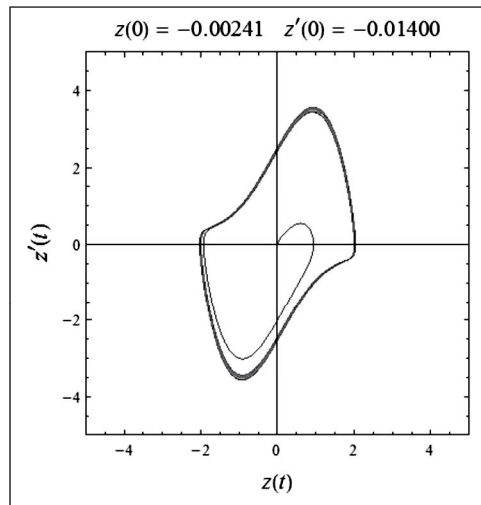
Fuente: Elaboración propia

4.2. Ciclos límite y ciclos económicos

Los ciclos límite nos permiten analizar la estabilidad del modelo. Tradicionalmente la estabilidad estaba dada por la coexistencia de múltiples ciclos económicos, y saber cuáles eran estables o no era posible a través de la bifurcación de Hopf. Debido a la presencia de este componente no lineal, se podría decir que éste distorsiona de manera significativa la estabilidad del modelo.

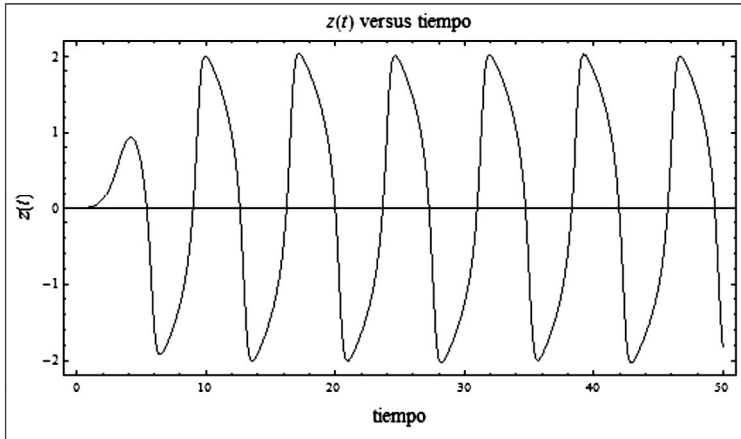
Se graficó el ciclo límite y los ciclos económicos para Bolivia a partir de la ecuación (7). Las condiciones iniciales que se establecieron se obtuvieron a partir los ciclos obtenidos por el filtro Hodrick–Prescott. Los valores de $z(0)$ corresponden al año 2009 y $z'(0)$ es la diferencia entre el año 2009 y el año 2008.

Gráfico 1: Ciclo límite



Fuente: Elaboración propia

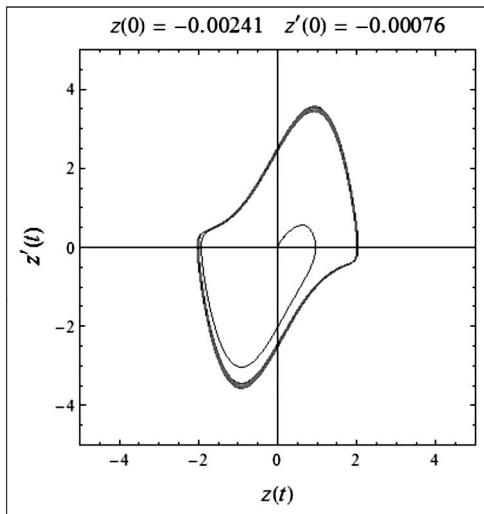
Gráfico 2: Ciclos económicos



Fuente: Elaboración propia

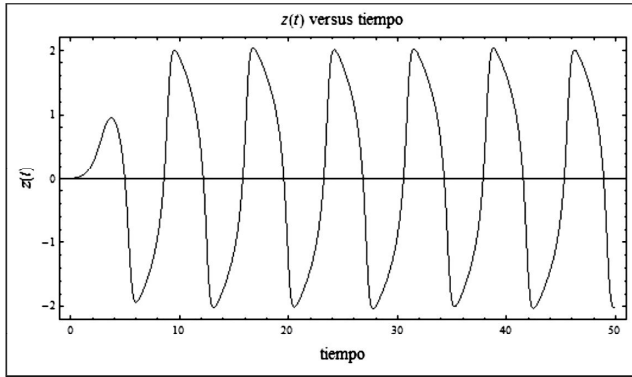
Sin embargo, existe una sobredimensión de $z'(0)$, por lo que es necesario reducir el valor de $z'(0)$.

Gráfico 3: Ciclo límite con variación menor de $z'(0)$



Fuente: Elaboración propia

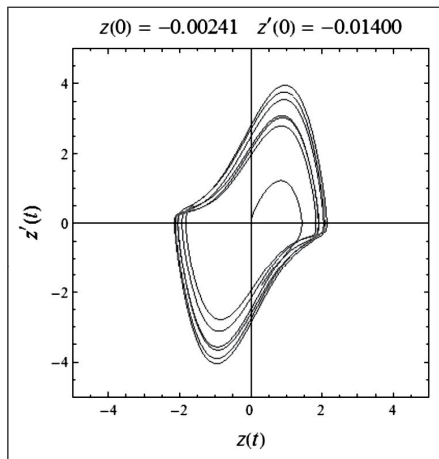
Gráfico 4: Ciclos económicos con variación menor de $z'(0)$



Fuente: Elaboración propia

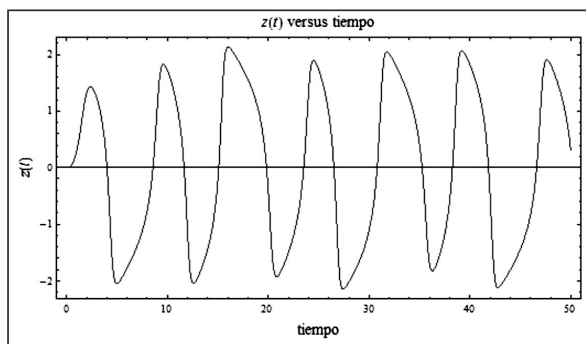
Los casos anteriores muestran una solución inestable, es decir que se observan desvíos en las trayectorias de los ciclos límite. La solución es inestable y se observa de mejor forma en los ciclos límite; una solución estable se da cuando la fuerza exógena es igual a cero. Al ser diferente de cero, ésta es inestable, aunque no caótica. Para ejemplificar de mejor manera se amplía el valor de las fuerzas exógenas y se puede advertir el comportamiento inestable, como se muestra a continuación.

Gráfico 5: Ciclos límite con un valor mayor a 0.05 de las fuerzas exógenas



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Ciclos económicos con un valor mayor a 0.05 de las fuerzas exógenas



Fuente: Elaboración propia

Esta ejemplificación confirma las primeras dos situaciones de ciclos límite y ciclos económicos mencionados con anterioridad, confirmando la inestabilidad de los ciclos económicos.

5. Conclusiones

La complejidad en el análisis de los ciclos económicos se da sobre todo por la presencia de una tendencia no lineal, como es la tendencia Hodrick–Prescott. Los ciclos económicos no tienen un comportamiento idéntico en el corto y largo plazo, mostrando que no existe equilibrio de corto y largo plazo. La causa principal de la inestabilidad es la incidencia de las fuerzas exógenas en la economía doméstica. Un posible aumento de estas fuerzas exógenas hace que los ciclos del producto sean cada vez más inestables.

La interacción del acelerador con la propensión marginal a ahorrar y el tiempo que se dedica a la producción de nuevos bienes de capital y consumo pueden minimizar el efecto de las fuerzas exógenas. La interacción anteriormente mencionada se la puede aproximar como el *ambiente de la inversión*; cuanto más alta sea ésta, mayor será la posibilidad de reducir posibles choques externos.

En Bolivia, el *ambiente de inversión* es bajo con respecto a la incidencia de las fuerzas exógenas, porque estas últimas logran distorsionar el equilibrio de corto y largo plazo.

Artículo recibido en: enero de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: julio de 2011

Referencias

1. Ackley, Gardner. (1970). Teoría macroeconómica. México: The Macmillan Company. 1° Ed. Unión Tipográfica. Editorial hispano-americana.
2. Aliaga, J.; Rubín de Celis, Raúl y Villegas Quino, Horacio. (2011). El modelo de Goodwin. Ciclos económicos e inversión en Bolivia. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, N° 15 Universidad Católica Boliviana San Pablo
3. Chian, Abraham C.L. (2007). Complex Systems Approach to Economic Dynamics. Berlin: Springer-Verlag.
4. Chiang, Alpha C. (1996). "Métodos fundamentales de economía matemática". 3° Ed. Madrid: McGraw-Hill.
5. Costain, James. (2005). Apuntes sobre PIB y hechos estilizados. Universidad Carlos III de Madrid.
6. Hodrick, Robert y Prescott, Edward C. (1997). Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 29 (1): 1-16.
7. Goodwin, R. M. (1951). The Nonlinear Accelerator and the Persistence of Business Cycles. *Econometrica*, 19: 1-17.
8. Greene, William. (2002). Econometric Analysis. 5° Ed. Prentice Hall.
9. Maravall, Agustín, y del Río, Ana. (2001). Time Aggregation and the Hodrick-Prescott Filter. Banco de España.
10. Maravall, Agustín y del Río, Ana. (2007). Temporal Aggregation, Systematic Sampling, and the Hodrick-Prescott Filter. Banco de España.
11. Matsumoto, Akio y Suzuki, Mami. (2006). Coexistence of Multiple Business Cycles in Goodwin's 1951 model. *The Institute of Economic Research*. Chuo University.
12. Matsumoto, Akio. (2007). Note on Goodwin's 1951 Nonlinear Accelerator Model with an Investment Lag. *The Institute of Economic Research*. Chuo University.
13. Navarro, Jesús. (2002). No linealidad y dinámica económica: algunos comentarios". *Revista venezolana de análisis de coyuntura*. Universidad Central de Venezuela.
14. Zhang, W. (2005). Differential Equations, Bifurcations, and Chaos In Economics. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Actividades económicas en Bolivia: un análisis de encadenamiento

Economic Activities in Bolivia: a linkages analysis

*Paul S. Bustos Anaya**

Resumen

El presente trabajo analiza la relación entre demandantes y oferentes de insumos intermedios en la economía boliviana, con el fin de determinar qué actividades tienen un impacto importante sobre el resto de la economía y cuáles están menos integradas a la misma. Para esto se utilizan los índices de Rasmussen, que permiten clasificar las actividades como independientes, estratégicas, de arrastre o actividades clave; esto a partir de la matriz insumo-producto. Los resultados para el año 2008 muestran una economía poco integrada entre sí; de las 35 actividades en las que se clasifica la economía nacional, no existen sectores clave, solo el comercio es un sector de arrastre y existen ocho sectores estratégicos. Algo peculiar del comercio es que genera gran dinamismo en el resto de las actividades económicas a través de sus efectos indirectos sobre el sector transporte, más que por su demanda directa de insumos.

Palabras clave: Índices de Rasmussen, actividad clave, actividad estratégica, actividad de arrastre, actividad independiente, poder de dispersión, sensibilidad de dispersión, matriz insumo-producto.

* Licenciado en Economía / Máster en Economía del Turismo y del Medio Ambiente. Contacto: paulsergio.bustos@gmail.com

Abstract

This paper explores the relation between activities in the Bolivian economy as suppliers and demanders of intermediate inputs, this with the purpose to determine which activities have great impact on the rest of the economy and which ones are less integrated. For this, Rasmussen indexes are used, that allow classifying them as independent, push, pull and key activities; this with the help of the input/output matrix. The results, based on 2008 data, show a little integrated economy, which is divided in 35 activities. There are no key activities, 8 activities are considered strategic and only trade is considered a pull sector. Something outstanding about the results is that trade generates great dynamism in the rest of activities through its indirect effects on transportation, more than because of its direct demand of inputs.

Keywords: Rasmussen index, key activity, strategic activity, activity trails, independent activity, scattering power, sensitivity scattering, scatter, input/output matrix.

Clasificación/Classification JEL: C10, D20, L10

1. Introducción

Es importante conocer el papel que juegan las diferentes actividades económicas en el país, tanto en calidad de demandantes como de oferentes de insumos, dentro de la economía nacional, para la producción final de bienes y servicios. El conocer la relación entre actividades a nivel de consumo de bienes intermedios permite determinar cuáles pueden ser priorizadas para generar mayor dinamismo en la economía a nivel agregado, o qué actividades pueden generar cuellos de botella si no se reconoce su impacto en el resto de la economía y no se manejan políticas que impulsen su desarrollo.

Con este fin se utiliza el cálculo de los índices de Rasmussen, utilizados para medir el “poder de dispersión” y la “sensibilidad de dispersión” de cada sector; estos índices permiten identificar cada actividad de producción como estratégica, de arrastre, clave o aislada respecto al resto de los sectores económicos. Comúnmente se habla de estas relaciones como los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante. Como mencionan Pino e Illanes (2002), el efecto de arrastre hacia atrás puede definirse como “la cadena de efectos que van produciéndose hacia los proveedores, producto de mayores necesidades de insumos intermedios”, mientras que el efecto hacia adelante sería “el impacto que mayores producciones tienen sobre las posibilidades de compra de los sectores clientes” (p. 71).

Estos índices presentan ciertas ventajas, mencionadas por Soza (2004: 1) Los índices, al utilizar la inversa de la matriz insumo-producto, toman en cuenta tanto el efecto directo como el indirecto de un sector sobre el resto, 2) Describen con más precisión la importancia de los sectores estratégicos respecto a índices similares, 3) Permiten conocer el grado de dispersión de los efectos de un sector y 4) Se pueden realizar comparaciones interindustriales entre países.

Entre las experiencias previas en el cálculo de estos índices en la literatura económica se puede encontrar el trabajo de Hazari y Bandara (1989), quienes calculan estos índices para el caso de Sri Lanka. Los autores determinan que, de los 26 sectores en que se clasifica esta economía, cinco son estratégicos (coco, arroz con cáscara y otros productos agrícolas; petróleo y gas; comercio y transporte), siete son de arrastre (molienda de arroz, otra maquinaria, aceite de coco, procesamiento de alimentos, agroquímicos, arcilla para construcción, construcción) y tres son sectores clave (copra y coco deshidratado, otras manufacturas y electricidad).

Se ha tomado en cuenta además dos documentos referidos a la economía chilena, el primero es el trabajo de Soza (2004), que, partiendo de una clasificación de la economía chilena en 12 sectores para el año 1996, determina la existencia un sector clave (productos agropecuarios y silvícolas), tres estratégicos (pesca extractiva, electricidad, gas y agua, servicios financieros y empresariales) y seis sectores de arrastre (minerales, productos manufacturados, construcción, comercio, hoteles y restaurantes, servicios sociales y personales, servicios de la administración pública). El otro estudio corresponde a Pino e Illanes (2002) y está enfocado a las actividades manufactureras de la región del Biobío (8ª Región); este estudio muestra el contraste existente entre la economía regional y la economía nacional, ya que si bien la mayor parte de las actividades de la región son de arrastre, muchas otras son clave y estratégicas, lo que refleja el mayor desarrollo industrial de esta región respecto a la media de otras regiones.

También se han llevado a cabo estudios para la economía china. Guo y Hewings (2001) elaboran índices de Rasmussen para los periodos 1987, 1992 y 1997, con el fin de analizar cambios en la estructura de la economía china, concluyendo que, si bien existieron cambios en algunos sectores, como el de textiles (intensivo en mano de obra), los sectores clave siguen siendo aquellos relacionados con la industria pesada.

Pfajfar y Dolinar (2000) calculan los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante para el caso de Eslovenia durante el periodo 1990-1995, encontrando que esta economía no ha sufrido cambios importantes durante este periodo de tiempo: los productos agrícolas,

forestales y productos de metal son sectores clave; los sectores estratégicos son la producción de carbón, petróleo y gas natural; mientras que los sectores de arrastre son la construcción y la fabricación de alimentos, bebidas y tabaco.

En este contexto, el cálculo de los índices de Rasmussen para la economía boliviana no sólo presenta una oportunidad para conocer los eslabonamientos existentes en la economía nacional, sino también para comparar estos resultados con lo que se conoce de otros países. Como se podrá apreciar más adelante, los resultados muestran un nivel muy bajo de eslabonamientos en la economía boliviana, donde existen pocos sectores estratégicos y el comercio resulta ser el único sector de arrastre. No existen sectores clave en la economía nacional.

Es importante señalar que antes de poder calcular estos índices fue necesario transformar la matriz insumo-producto de Bolivia en una matriz simétrica, ya que originalmente no se presenta de esta forma. Para esto se utilizaron como base las recomendaciones de las Naciones Unidas (1999) sobre el manejo y recopilación de las matrices insumo-producto.

2. Metodología aplicada: matriz insumo-producto e índices de Rasmussen

2.1. Cálculo de la matriz insumo-producto simétrica

En la construcción de los índices de Rasmussen es importante tomar en cuenta que estos indicadores, para una correcta interpretación, deben calcularse a partir de una matriz insumo-producto simétrica. Una matriz de este tipo es la que muestra la interacción en la economía entre la compra y venta de insumos entre industrias; o bien la compra y venta de insumos para la fabricación de productos.

Dicha diferenciación entre el concepto de industria y producto es importante, ya que una industria puede producir uno o más productos, así como un producto puede ser elaborado por una o varias industrias. Esta diferencia tiene repercusiones en el análisis de los resultados, ya que hay que tener claramente definido si se está analizando la relación en la elaboración de productos o la relación entre industrias.

En el caso de la matriz insumo-producto presentada por el INE, la misma no es simétrica, ya que sólo muestra la compra de productos por parte de la industria nacional. Por ello fue

necesario transformar la matriz para que muestre la relación industria-industria o producto-producto. Para el presente estudio se cambió la matriz para que muestre la relación producto-producto. Para obtenerla se utilizó la metodología recomendada por las Naciones Unidas en su documento “Handbook of input-output table compilation and analysis” (1999). Esta metodología es explicada a continuación.

En primer lugar, es necesario calcular la matriz insumo-producto de coeficientes técnicos, para lo cual se manipulan la matriz de usos y la matriz de producción; no se presentan las matrices en su forma completa, sino la parte utilizada para el cálculo de la matriz insumo-producto de coeficientes técnicos.

Primero se obtiene la matriz de usos (U):

		Consumo intermedio de industrias			
		Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	
		(1b)	(2b)	(3b)	
U=	(1a)	Producto 1	U_{11}	U_{12}	U_{13}
	(2a)	Producto 2	U_{21}	U_{22}	U_{23}
	(3a)	Servicios de transporte y comercio	U_{31}	U_{32}	U_{33}
	(4a)	Impuestos menos subsidios	U_{41}	U_{42}	U_{43}
	(5a)	Valor agregado	U_{51}	U_{52}	U_{53}
	(6a)	Producción total de la industria a precios básicos (6a) = (1a) + ... + (5a)	U_{61}	U_{62}	U_{63}

En base a la cual se obtiene la matriz B:

		Industrias		
		Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3
B=	Producto 1	U_{11}/U_{61}	U_{12}/U_{62}	U_{13}/U_{63}
	Producto 2	U_{21}/U_{61}	U_{22}/U_{62}	U_{23}/U_{63}
	Servicios de transporte y comercio	U_{31}/U_{61}	U_{32}/U_{62}	U_{33}/U_{63}
	Impuestos menos subsidios	U_{41}/U_{61}	U_{42}/U_{62}	U_{43}/U_{63}
	Valor agregado	U_{51}/U_{61}	U_{52}/U_{62}	U_{53}/U_{63}

Por otro lado, se obtiene la matriz de producción (M):

		Producción por industrias			Producción doméstica total por producto (4b)=(1b)+...+(3b)
		Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	
		(1b)	(2b)	(3b)	(4b)
M=	(1a) Producto 1	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄
	(2a) Producto 2	M ₂₁	M ₂₂	M ₂₃	M ₂₄
	(3a) Servicios de transporte y comercio	M ₃₁	M ₃₂	M ₃₃	M ₃₄
	(4a) Producción total de la industria a precios básicos (4a) = (1a) +...+(3a)	M ₄₁	M ₄₂	M ₄₃	

En base a la cual se obtiene la matriz D:

		Producto		
		Producto 1	Producto 2	Servicio de transporte y comercio
D=	Industria 1	M ₁₁ /M ₁₄	M ₂₁ /M ₂₄	M ₃₁ /M ₃₄
	Industria 2	M ₁₂ /M ₁₄	M ₂₂ /M ₂₄	M ₃₂ /M ₃₄
	Industria 3	M ₁₃ /M ₁₄	M ₂₃ /M ₂₄	M ₃₃ /M ₃₄

La matriz insumo–producto de coeficientes técnicos (MIPCT) es la multiplicación de las matrices B y D:

$$\text{MIPCT} = B * D$$

Ésta es una matriz de coeficientes porque la suma de cada una de sus columnas debe ser igual a 1.

Es en base a esta matriz que se reajustan los usos intermedios de los productos para obtener la matriz simétrica producto–producto. Para esto solo hace falta multiplicar cada uno de los coeficientes de cada columna por la producción total de la industria correspondiente.

2.2. Metodología de cálculo de los índices de Rasmussen

Antes de mostrar la metodología utilizada para el cálculo de los índices, es conveniente hacer un repaso a la estructura de la matriz insumo-producto; se pueden considerar tres partes

principales en la estructura de la matriz, las mismas que se presentan como cuadrantes en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Estructura de la matriz insumo-producto

	Consumo intermedio de industrias			Economía total	Demanda final de los	Demanda final del	Formación bruta de	Exportaciones f.o.b.	Importación	Ajustes c.i.f./f.o.b.	Uso total de productos			
	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3									(1)	(2)	(3)
(1) Producto 1														
(2) Producto 2														
(3) Servicios de transporte y comercio														
(4) Impuestos menos subsidios														
(5) Compras directas por residentes en el exterior	Cuadrante I						Cuadrante II							
(6) Compras directas por no residentes en el país														
(7) Ajustes c.i.f./f.o.b.														
(8) Uso total a precios de compra (1)+...+(7)														
(9) Valor Agregado Bruto total														
(10) Valor Agregado Bruto a precios básicos (12)-(8)	Cuadrante III													
(11) Impuestos menos subsidios a la producción e importaciones														
(12) Producción total de la industria a precios básicos														

Fuente: Naciones Unidas (1999).

El primer cuadrante de la matriz ofrece información sobre el consumo intermedio de insumos producidos por otros sectores económicos, el segundo lo hace sobre la demanda final de los productos de cada uno de los sectores y el tercero muestra el consumo de insumos

que no son producidos por otros sectores de la economía nacional. Este último incluye importaciones, el pago a factores y el valor agregado.

Para la construcción de los índices de Rasmussen se construye primero la matriz de coeficientes técnicos, que se obtienen de la división de los valores de los cuadrantes I y III entre el Valor Bruto de Producción (VBP). Estos coeficientes indican que proporción del VBP se destina a la compra de cada insumo.

Una vez que se tienen los coeficientes técnicos del cuadrante I, a los cuales podemos definir como la matriz "A", se puede definir la producción nacional como un sistema de matrices de la siguiente forma:

$$AX + Y = X \quad (1)$$

Donde: A= Matriz de coeficientes técnicos;

X= Valor bruto de producción;

Y= Demanda final

Que puede reexpresar del siguiente modo:

$$(I - A)X = Y \quad (2)$$

Donde: I = Matriz identidad;

(I-A) = Matriz de Leontief

La suma de las filas de la matriz de Leontief señala cuál es la proporción de producto que queda para la demanda final después de deducir los consumos intermedios del producto. La suma de las columnas representa la proporción del VBP que no corresponde a la compra de insumos.

Para el cálculo de los índices es necesario hallar la inversa de la matriz de Leontief, es decir, $(I-A)^{-1}$, el cual puede representarse como:

$$(I-A)^{-1} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Los componentes de la matriz pueden interpretarse de la siguiente forma:

r_{11} = la cantidad necesaria de producción, directa e indirecta, en el sector 1 para satisfacer una unidad de demanda del mismo sector.

r_{12} = la cantidad necesaria de producción, directa e indirecta, en el sector 1 para satisfacer una unidad de demanda final en el sector 2.

r_{21} = la cantidad necesaria de producción, directa e indirecta, en el sector 2 para satisfacer una unidad de demanda final en el sector 1.

Es importante hacer énfasis en que el valor de cada uno de los elementos de la matriz inversa incluye la producción necesaria para satisfacer la demanda directa e indirecta de cada uno de los insumos. Esto significa que la producción implica no sólo el uso directo de un factor, sino que este factor demanda a su vez insumos de otros sectores y del mismo para producir los insumos requeridos; por tanto, los elementos de $(I-A)^{-1}$ miden todos estos efectos.

Una vez calculada la matriz inversa, se pueden construir los dos índices de Rasmussen, los cuales permiten analizar el efecto de un sector sobre el resto de la economía. El primero es el Índice de poder de dispersión, que estaría relacionado con los encadenamientos “hacia atrás”; este índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$U_j = \frac{\frac{1}{m \left(\sum_{i=1}^m A_{ij} \right)}}{\frac{1}{m^2} \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^m A_{ij} \right)} \quad (4)$$

donde:

$$\left\{ \left(\sum_{i=1}^m A_{ij} \right) \right\} = \text{suma de los elementos columna de la matriz } (I-A)^{-1}$$

m = número de sectores en la economía

De acuerdo a Rasmussen “el índice de poder de dispersión describe la extensión relativa sobre la que un aumento de la demanda final de los productos de la industria j se dispersa a través del sistema de industrias”. En otras palabras, si $U_j > 1$, esto significa que la demanda de insumos intermedios generados por el aumento en la demanda de j es mayor a la media de la economía. Esto implica que el aumento en la demanda de este bien genera una gran demanda de insumos intermedios en la economía.

El segundo indicador desarrollado por Rasmussen es el Índice de sensibilidad de dispersión, relacionado con los encadenamientos “hacia adelante”. La fórmula mediante la cual se calcula el mismo es la siguiente:

$$U_j = \frac{\frac{1}{m \left(\sum_{j=1}^m A_{ij} \right)}}{\frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^m A_{ij} \right)} \quad (5)$$

donde:

$$\left\{ \left(\sum_{j=1}^m A_{ij} \right) \right\} = \text{suma de los elementos fila de la matriz } (I-A)^{-1}$$

m = número de sectores en la economía

Rasmussen define el Índice de Sensibilidad de Dispersión como un indicador que “expresa la extensión o medida en que el sistema de industrias pesa sobre la industria i”. Esto quiere decir que si por ejemplo $U_i > 1$, se estaría ante una industria que, al darse un aumento de la demanda final en todos los sectores, aumentará su producción de productos intermedios por encima de la media. Es decir será un sector cuya producción intermedia es bastante sensible al aumento de la demanda en la economía en su conjunto.

Una vez que se construyen ambos indicadores es fácil comparar los resultados de ambos en cada uno de los sectores y obtener un criterio sobre el rol del mismo respecto a otras actividades. La interpretación de estos resultados se hace de acuerdo a los criterios presentados en la siguiente tabla:

Cuadro 2
Clasificación de sectores

		Poder de dispersión	
		$U_j > 1$	$U_j < 1$
Sensibilidad de dispersión	$U_i > 1$	Sector clave	Sector estratégico
	$U_i < 1$	Sector de arrastre	Sector independiente

Fuente: elaboración propia

El análisis cruzado de los resultados de ambos índices nos permite identificar si un sector es clave, estratégico, de arrastre o es un sector independiente. A continuación se presenta la interpretación de cada uno de estos resultados:

Sectores clave. Estos sectores presentan un índice de sensibilidad de dispersión y de poder de dispersión mayor a uno. Un sector identificado como clave es muy sensible a la demanda que hacen del mismo otros sectores como insumo, pero al mismo tiempo es un sector cuya producción genera una gran demanda de insumos de otros sectores.

Sectores estratégicos. Presentan una sensibilidad de dispersión mayor a uno y un poder de dispersión menor a uno. Este sector representa una parte importante en el proceso de producción de otros sectores, ya que es usado como un insumo primordial de los mismos. Los sectores estratégicos podrían representar cuellos de botella en la economía, ya que son primordiales para la producción del resto.

Sectores de arrastre. Presentan una sensibilidad de dispersión menor a uno y un poder de dispersión mayor a uno. Un sector de arrastre es considerado importante, ya que un aumento en su producción implica un aumento importante de sus necesidades de insumos intermedios nacionales. Estos sectores arrastran gran parte de la producción del resto de la economía.

Sectores independientes. Ambos índices son menores a uno. Son sectores poco relacionados con el resto de la economía nacional, pero esto no implica que no sean importantes a nivel de producción agregada, sino que no se ven afectados de manera importante por cambios en la demanda de otras actividades, como tampoco sus variaciones afectan al resto.

3. Resultados

Luego de haber probado con varios niveles de agregación de las actividades económicas, se vio que la información más valiosa se obtuvo al usar la clasificación más detallada disponible, es decir, de 35 productos; esto principalmente por la mayor facilidad de interpretación de los resultados. El Cuadro 3 presenta los resultados para los 35 productos de la economía.

Cuadro 3
Clasificación de sectores por su grado de encadenamiento

Actividad económica	Clasificación
Comercio	Arrastre
Petróleo crudo y gas natural	Estratégico
Papel y productos de papel	Estratégico
Substancias y productos químicos	Estratégico
Productos de refinación del petróleo	Estratégico
Productos metálicos, maquinaria y equipo	Estratégico
Transporte y almacenamiento	Estratégico
Servicios a las empresas	Estratégico
Servicios comunales, sociales y personales	Estratégico
Productos agrícolas no industriales	Independiente
Productos agrícolas industriales	Independiente
Coca	Independiente
Productos pecuarios	Independiente
Silvicultura, caza y pesca	Independiente
Minerales metálicos y no metálicos	Independiente
Carnes frescas y elaboradas	Independiente
Productos lácteos	Independiente
Productos de molinería y panadería	Independiente
Azúcar y confitería	Independiente
Productos alimenticios diversos	Independiente
Bebidas	Independiente
Tabaco elaborado	Independiente
Textiles, prendas de vestir y productos del cuero	Independiente
Madera y productos de madera	Independiente
Productos de minerales no metálicos	Independiente
Productos básicos de metales	Independiente
Productos manufacturados diversos	Independiente
Electricidad, gas y agua	Independiente
Construcción	Independiente
Comunicaciones	Independiente
Servicios financieros	Independiente
Propiedad de vivienda	Independiente
Restaurantes y hoteles	Independiente
Servicios domésticos	Independiente
Servicios de la administración pública	Independiente

Fuente: Elaboración propia

3.1. Independientes

La gran mayoría de los sectores resultaron tener poco relacionamiento con el resto de la economía; esto puede deberse en parte a la poca transformación de la producción nacional, como en el caso de las actividades relacionadas a la agricultura, silvicultura, caza y pesca. El caso más claro es el de las actividades de producción agrícola no industrial, donde la mayor parte se destina al autoconsumo. En otros casos, esto se debe a que son actividades de extracción de recursos más que de producción, como ser la extracción de minerales metálicos y no metálicos, que son mayormente exportados.

Se observa también que las manufacturas, la producción de textiles, los productos de madera y los alimentos en general, tampoco presentan encadenamientos importantes ni atrás ni adelante. Esto muestra también poca integración dentro el mismo sector alimenticio pues podría esperarse un encadenamiento que en realidad es muy débil.

Entre los resultados llamativos se encuentra el hecho de que el sector de producción de electricidad, gas y agua no sea un sector estratégico para la economía; esto se explica en parte porque la producción de gas excluye el transporte de combustibles gaseosos por gasoductos. Tampoco la construcción resultó ser un sector de arrastre importante para otros sectores a nivel de la economía en su conjunto.

3.2. Estratégicos

Se encontraron ocho sectores estratégicos: petróleo crudo y gas natural; papel y productos de papel; sustancias y productos químicos; productos de refinación del petróleo; productos metálicos, maquinaria y equipo; transporte y almacenamiento; comunicaciones y servicios a las empresas.

A continuación se hace una breve recapitulación de los componentes de cada una de estas actividades en función a la información sobre cómo se recopilan y organizan los metadatos de las cuentas nacionales utilizados por el INE:

Petróleo crudo y gas natural. Comprende la extracción de petróleo crudo y gas natural, así como actividades de construcción de pozos realizadas por empresas que exploran yacimientos de petróleo y de gas natural.

Los principales compradores directos de este producto como insumo intermedio para su respectiva producción son: la elaboración de productos de refinación de petróleo (50% del consumo intermedio), la misma producción de petróleo crudo y gas natural (27%); un 10% del consumo intermedio corresponde a la elaboración de productos no metálicos.

Papel y productos de papel. En el contexto nacional esta actividad incluye actividades de importación de papel con el que luego se producen otros bienes, como ser cuadernos, periódicos y libros, así como la actividad general en imprentas y las gigantografías.

Este producto se destina principalmente a la producción de papel y productos de papel (13%), a la generación de servicios financieros (12%) y servicios a las empresas (12%).

Substancias y productos químicos. Incluye la producción de productos químicos básicos para la extracción de minerales e hidrocarburos; productos farmacéuticos; productos de limpieza; productos de plástico y goma. Las substancias y productos químicos se destinan principalmente a la extracción de minerales metálicos y no metálicos (23%) y a los servicios de transporte y almacenamiento (10%).

Productos de refinación del petróleo. Este sector comprende la elaboración de los siguientes productos: gasolina para automóviles y de aviación, gas licuado, kerosene, jet fuel, diesel oil, fuel oil, aceite automotriz, aceite industrial, grasas, asfaltos, parafina y otros derivados. Estos productos se destinan a la producción de petróleo crudo y gas natural (25%) y a los servicios de transporte y almacenamiento.

Productos metálicos, maquinaria y equipo. Este sector es muy diverso, pues entre otros productos incluye desde la elaboración de herramientas, muebles y accesorios metálicos; carpintería metálica (puertas y ventanas de metal); artículos para uso doméstico (cuchillos y navajas) hasta carrocerías diseñadas para ser montadas sobre chasis de vehículos automotores.

Estos productos se destinan principalmente a la extracción de minerales metálicos y no metálicos (18%), a los servicios de transporte y almacenamiento (27%) y a la generación de servicios por parte de la administración pública.

Transporte y almacenamiento. Incluye el transporte de bienes de un lugar a otro, ya que, desde la perspectiva económica, un bien se considera distinto dependiendo del mercado geográfico en el que se encuentre, por lo que el transporte se considera un proceso de producción. Esta actividad incluye la cuantificación de los estados financieros de empresas

de transporte de pasajeros y de carga, así como servicios relacionados al transporte, como ser terminales, empresas encargadas del cobro de peajes y agencias de viajes. Un detalle muy importante es el transporte de hidrocarburos por tubería, el cual podría tener su impacto en la dinámica del sector.

En el caso del almacenamiento, se considera que este servicio permite ofrecer productos en diferentes mercados en el tiempo, por lo que se incluye en esta actividad. Se considera como un transporte temporal más que espacial.

Los servicios de transporte y almacenamiento son utilizados principalmente en la producción de petróleo crudo y gas natural (19%), así como en la generación de actividades dedicadas al comercio (40%).

Servicios a las empresas. Este sector engloba una serie de actividades muy diversas, como ser actividades inmobiliarias, empresariales, alquiler de maquinaria y equipo, servicios de informática, actividades de contabilidad y jurídicas, publicidad, servicios de arquitectura e ingeniería. Es decir que engloba una gran cantidad de oferta de servicios, por lo general a clientes comerciales.

Los servicios a las empresas son utilizados principalmente por actividades de producción de petróleo crudo y gas natural (20%), generación de servicios relacionados a las comunicaciones (19%), generación de servicios financieros (11%) y servicios generados por la administración pública (13%).

Servicios comunales, sociales y personales. Esta actividad se compone de seis grupos, los cuales se definen brevemente:

Servicios de educación. Incluye enseñanza oficial y privada de todo tipo.

Servicios de salud. Son servicios de salud pública y privada, e incluyen los servicios de laboratorio y actividades veterinarias.

Servicios recreativos. Se refiere a actividades de esparcimiento, culturales y deportivas, como la producción y distribución de filmes, actividades de radio y televisión o lugares de recreación, como las discotecas.

Servicios de reparación. Este grupo aglomera a las actividades de reparación de automóviles, aparatos electrónicos y electrodomésticos.

Servicios de saneamiento básico. Este grupo se refiere principalmente a la eliminación de desperdicios (recolección de basura a nivel comercial e industrial).

Otros servicios. Incluye el lavado y limpieza de prendas de vestir, peluquerías, servicio de funerarias, saunas y estudios fotográficos, entre otros.

El análisis del consumo intermedio de estos servicios permite ver que son utilizados de manera muy importante para la producción de servicios de transporte y almacenamiento, pues representan un 45% de las compras en este tipo de servicios.

3.3. Arrastre

Comercio. Es el único sector que se identificó como de arrastre en la economía nacional. Este sector incluye actividades de comercio al por mayor y menor (excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas) y la reparación de efectos personales y enseres domésticos; así también toma en cuenta la reventa de productos nuevos o usados en una perspectiva amplia, desde reventa a minoristas hasta mayoristas.

Esto implica que un aumento en la demanda final en la producción de este servicio genera un aumento en su demanda de insumos nacionales mayor a la media de la economía; se puede observar que un 70% de las compras de insumos intermedios para la generación de actividades comerciales se refiere a la adquisición de servicios de transporte y almacenamiento, mientras que un 6% de sus compras se refieren a la compra de servicios a las empresas.

4. Conclusiones

Los resultados del documento son llamativos, ya que llevan a la reflexión sobre la actual estructura de la economía a nivel de eslabonamientos en la producción nacional. Primeramente llama la atención que no existe una sola actividad clave en la economía, es decir, que sea al mismo tiempo importante como demandante de insumos y que dependa del cambio en la demanda de insumos por parte de otros sectores.

Se determinó que ocho sectores pueden considerarse como estratégicos, es decir, sectores cuya producción intermedia es muy importante para la producción de bienes finales por parte de otros sectores. Al igual que en los estudios del tema referidos a otros países, se encontró que la producción de petróleo, gas natural y los productos químicos corresponden a este tipo. Sin

embargo, la producción de electricidad, que también suele considerarse una actividad de tipo estratégico, no tiene mayor trascendencia para la elaboración de otros productos.

Uno de los resultados más llamativos para el caso nacional es que el comercio es el único sector de arrastre, es decir que parece ser el único sector cuyos cambios en su demanda tienen un impacto importante como consumidor de insumos nacionales. Respecto a otras economías, se observa que actividades como la construcción y la elaboración de manufacturas no tienen el papel dinamizador de la economía que se esperaría.

No obstante, se debe tomar en cuenta una particularidad sobre cómo el sector comercio genera una gran demanda de insumos de otros sectores. El comercio demanda de forma directa una gran cantidad de servicios del sector transporte (se observa que representa un 71% de sus compras directas), lo que a su vez genera que el sector transporte demande una gran cantidad de insumos de otros sectores. Es decir que el sector comercio tendría una fuerte influencia en el resto de la economía a través de sus efectos indirectos, en el sector transporte, más que a través de su efecto directo; es por ello que a primera vista pareciera que el transporte es el sector de arrastre de la economía, aunque gran parte de su dinamismo se debe a su dependencia con el sector comercio.

A nivel general los resultados reflejan la falta de integración entre sectores, en comparación con lo que reflejan estudios sobre otros países. Se observa que se debe tratar de diversificar las actividades que arrastran al resto de la economía para no sólo depender de la actividad comercial. Al respecto, la manufactura y la producción de alimentos podrían integrarse más con las actividades agrícolas. Los resultados reflejan también la condición de la economía nacional como productora y exportadora de materias primas, que impide una mayor integración entre las diferentes actividades.

Artículo recibido en: mayo de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: agosto de 2011

Referencias

1. Andreosso, B. y Yue, G. (2004). Intersectoral Linkages and Key Sectors in China 1987-1997. *Asian Economic Journal*, 18.
2. Guo, D. y Hewings, G.J.D. (2001). *Comparative Analysis of China's Economic Structures Between 1987 and 1997: An Input-Output Prospective*. Regional Economics Applications Laboratory. Urbana, Illinois.
3. Hazari, B. y Bandara, J. (1989). Basic Needs and Linkages: A case Study of Sri Lanka. *Journal of Economic Development*, 14 (2).
4. Instituto Nacional de Estadísticas, INE. (2004). "Cuentas nacionales. Metodología insumo-producto".
5. Miller, R. y Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.
6. Pfajfar, Lovrenc y Dolinar, Alesa Lotric. (2000). Intersectoral linkages in the Slovenian economy in the years 1990, 1992, 1993 and 1995. Key sectors in the Slovenian economy. *Papers of the 13th International Conference on Input-Output Techniques*.
7. Pino, O. e Illanes, W. (2002). Análisis exploratorio de los coeficientes de Rasmussen para la economía regional, mediante la utilización de las tablas input-output para la economía chilena, base 1996. *Theoria: ciencia, arte y humanidades*, 11.
8. Soza, S. (2004). Análisis de la economía chilena a partir de una matriz insumo-producto. *Revista de Economía y Administración*. Universidad de Concepción. Año XII, Número 63.
9. UDAPE. (1985). "El modelo insumo-producto y sus posibilidades de aplicación". Manual de trabajo.
10. United Nations. (1999). "Handbook of input-output table compilation and analysis". Studies in methods. Series F, N° 74.

Análisis de la sustitución de fuentes energéticas en Bolivia

Substitution Analysis of energy sources in Bolivia

Javier Aliaga Lordemann*

Alejandro Capriles**

Resumen

El presente documento realiza un análisis de las elasticidades de sustitución del sector energético boliviano tanto de corto como de largo plazo. Los energéticos que se toma en cuenta son: electricidad, hidrocarburos y biomasa. Para tal efecto se utiliza una función de producción *Transcendental Logarithmic*, “Translog”, conocida como modelo en bloque. Al mismo tiempo se deriva un segundo modelo de corto plazo, conocido como modelo por pares.

Palabras clave: Función de producción “Translog”, elasticidades de sustitución, enfoque dual, modelo en bloque y por pares.

Abstract

The present document analyzes the energy substitution elasticities in the short and long term in Bolivia. The inputs accounted are electricity, hydrocarbons and biomass. In order to measure and identify the direction of the elasticities we use a Transcendental Logarithmic Production Function, known as “Translog”, defined as “block model”. We also derive the short term model, known as “pair model”.

* Director del Instituto de Investigaciones Socio Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCBSP). La Paz - Bolivia. Contacto: jaliaga@ucb.edu.bo

** Investigador del Instituto de Investigaciones Socio Económicas (IISEC) de la Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCBSP). La Paz - Bolivia. Contacto: acapriles@ucb.edu.bo

Keywords: “Translog” production function, substitution elasticities, the dual approach, block and peers models.

Clasificación/Classification JEL: D29, C51, Q49

1. Introducción

Al menos durante las tres últimas décadas en Bolivia se evidencia la imposibilidad de tener *switches tecnológicos* –léase, el cambio de un energético por otro- lo suficientemente grandes para que se realice una sustitución efectiva de energéticos al interior de la matriz energética. Existen sin duda en este proceso enormes problemas de política energética, tecnológicos y de inversión. Nuestro trabajo parte de este último elemento al ser sencillo su análisis.

Es fácil verificar que el sector eléctrico boliviano presenta un incremento marginal de 0,89% en promedio de la potencia instalada entre 2005 y 2007¹. Esto muestra que no se han efectuado grandes inversiones, al menos en el último quinquenio. Una situación similar se presenta en el sector hidrocarburífero, donde se halla un decremento de la inversión en capital fijo para exploración de 64% entre los años 2000 y 2004² -no se cuenta con mayor información hacia adelante.

En este marco, el objetivo del presente documento es determinar si existe el potencial de sustitución entre electricidad, hidrocarburos y biomasa en la economía boliviana como una aproximación de *switch tecnológico*. Para tal efecto realizamos una regresión de la función de producción “Transcendental Logarithmic” o “Translog” para todo el sector energético, tanto en el corto como en el largo plazo.

Respecto a la estructura del documento, en primer lugar se explica la situación actual del sector energético. En el segundo acápite se presenta el desarrollo teórico del modelo económico y econométrico utilizado. En la tercera sección se presentan e interpretan los resultados obtenidos en base a las regresiones hechas. Finalmente, se dan a conocer las respectivas conclusiones.

1 Superintendencia de electricidad. Informe de capacidad instalada por planta por empresa diciembre de 2005 y 2007.

2 Información elaborada a partir de matrices de capital fijo del Instituto Nacional de Estadística.

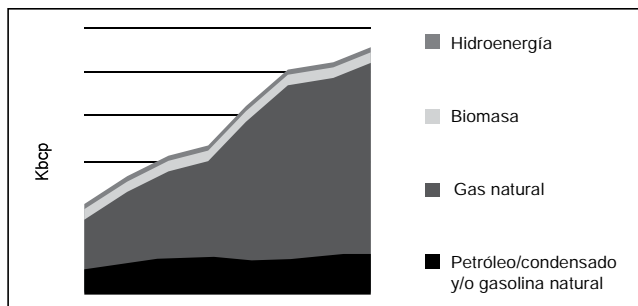
2. Descripción del sector energético en Bolivia

La producción de energía primaria ha ido creciendo a través de los años³. Es así que la oferta total de energía primaria por habitante ha cambiado de 3,08 Bep/hab en 2000 a 4,54 Bep/hab a finales de 2007. Sin embargo, la intensidad energética del país se ha mantenido invariable, denotando el lento avance tecnológico en el sector energético; el consumo de energía secundaria (electricidad) ha pasado solo de 0,10 Bep/hab en el año 2000 a 0,129 Bep/hab en 2007.

2.1. Producción y oferta de energía primaria

En Bolivia la producción de energía primaria está compuesta principalmente por cuatro energéticos: gas natural, petróleo condensado y/o gasolina natural, biomasa e hidroenergía. La producción de energía primaria entre 2000 y 2007 ha mantenido una tendencia creciente. En el Gráfico 1 se puede observar además que la hidroenergía casi no ha crecido, mientras que la producción de gas natural prácticamente triplicó su producción respecto al año 2000.

Gráfico 1: Producción de energía primaria (en Kbcap)



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN) 2007

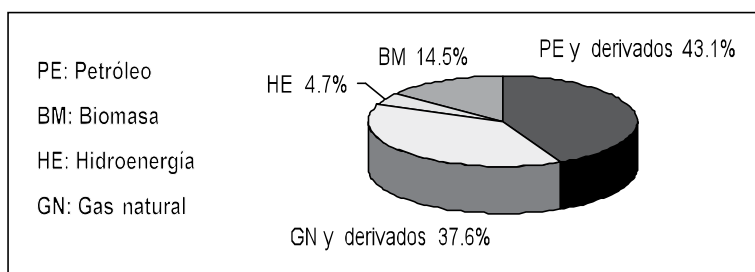
Según el Balance Energético Nacional (BEN) 2007, elaborado por el Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE), la producción total de energía primaria en Bolivia fue de 111.451 Kbcap. La estructura de esta producción está principalmente constituida por gas natural (78%), petróleo (16%) biomasas (5%) e hidroenergía (2% restante). El balance se cierra con un saldo exportador sobre producción de 83%.

³ Este agregado ha pasado de 41.241 Kbcap en el año 2000 a 111.451 Kbcap en el 2007.

La oferta interna bruta total (OIBT)⁴ en 2007 fue de 38.050 Kbp, con un 43% de petróleo (PE) y derivados; un 38% de gas natural y derivados; un 14% de biomasa (BM) y el 5% de hidroenergía (HE).

Por origen, el 97% fue producción nacional de fuentes primarias y el 3% corresponde a importación. Por destino, el 66% fue a exportación y al abastecimiento de los centros de transformación. Al consumo propio y al consumo final de los sectores se destina un 33%⁵, donde el 94% de las exportaciones fue gas natural (véase Gráfico 2).

Gráfico 2: Estructura de la oferta interna total, año 2007



Fuente: Balance Energético Nacional 2007

En cuanto a la estructura de la oferta, el 81% está compuesto por recursos no renovables y el 19% por renovables –esto muestra una fuerte dependencia del primer tipo de fuentes–; al mismo tiempo se evidencia un perfil energético exportador –el 64% de la producción primaria es gas natural que se destina a la exportación. La estructura energética doméstica es también poco diversificada –el 43% de la OIBT depende del petróleo y sus derivados y el 38% del gas natural – y al mismo tiempo es dependiente de fuentes energéticas contaminantes, como la biomasa, que representa un 14,5% de la oferta.

2.2. Producción y oferta de energía secundaria

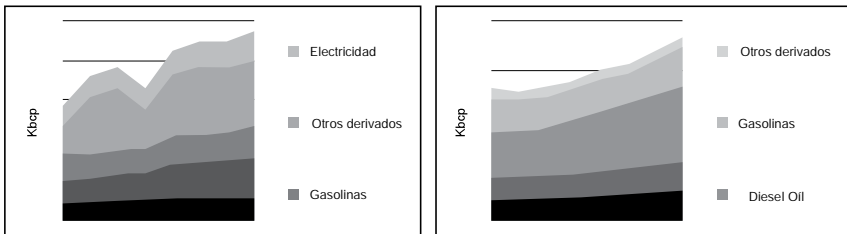
Respecto a la energía secundaria, la producción se incrementó de 14.398 Kbp el año 2000 a 23.295 Kbp el año 2007. Lo que resalta del Gráfico 3 es la evolución del consumo de diesel oil, el mismo que no vino acompañado por un incremento en su producción. Esta

4 OIBT = oferta de energía primaria + oferta de energía secundaria - producción de energía secundaria.

5 El balance se completa con 109 Kbp de aumento de inventarios y 458 Kbp de gas natural no aprovechado que se restan a la OIBT.

brecha que está siendo cerrada por la importación de dicho energético, aunque con un alto costo financiero y de oportunidad.

Gráfico 3: Producción y consumo secundario por energético (Kbep)



Fuente: Balance Energético Nacional 2007

Respecto a la generación secundaria de energía en 2007, la generación bruta de electricidad fue de 3.613 Kbep (5734 GWh). De la generación bruta total, el 40% fue en centrales hidroeléctricas y el 60% en centrales termoeléctricas. Las centrales termoeléctricas consumieron 6.117 Kbep de combustibles –el 91% fue gas natural, el 5,2%, biomasas (bagazo), y el 3,7% restante, diesel oil – mostrando de esta manera una inadecuada composición de la curva de carga eléctrica, que se encuentra fuertemente sesgada hacia la generación térmica

3. La función de producción “Translog”

Para analizar las perspectivas de sustitución de fuentes de energía en Bolivia se procede al cálculo de sus respectivas elasticidades de sustitución. De esta manera se estima una función de producción “Translog”, más conocida como *Transcendental Logarithmic*, la cual depende de precios y cantidades de los distintos inputs y/o energéticos⁶. Finalmente, se utilizan los coeficientes de dicha función de producción para calcular las elasticidades de sustitución.

3.1. Desarrollo de la función de producción

Siguiendo a Christensen, Jorgenson y Lau (1973), partimos de una función de producción que depende de ciertos inputs de la forma⁷:

6 Para obtener las elasticidades precio de sustitución se utiliza el enfoque dual.

7 Solo en este subtítulo se mantiene la notación que utilizaron los autores. Para ilustrar esta forma de escribir las funciones, y_1 es normalmente el output y los demás los inputs.

$$F(y_1, y_2, \dots, y_n) = 0 \quad (1)$$

donde y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) representa el output neto del insumo o energético i .

La ecuación (1) cumple con la condición de primer orden –se verifica la maximización del beneficio en competencia perfecta- donde se iguala la relación técnica de sustitución de los distintos energéticos al cociente de sus precios.

En términos de un problema dual se tiene una función de beneficios de la siguiente manera⁸:

$$\Pi(p_1, p_2, \dots, p_n) = 0 \quad (2)$$

donde p_i , representa el beneficio asociado con el conjunto de precios $\{p_i\}$, con $i = 1, 2, \dots, n$.

Para fines de este trabajo se utiliza el enfoque dual⁹. La fortaleza de esta función es su homogeneidad, lo cual causa aditividad, y en ese sentido es ideal para el cálculo de elasticidades cruzadas de los energéticos. En este marco, la homogeneidad se representa de la siguiente manera:

$$\Pi(p_1, p_2, \dots, p_n) = \Pi(\lambda p_1, \lambda p_2, \dots, \lambda p_n) = 0 \quad (3)$$

donde λ representa el grado de homogeneidad para todo $\lambda > 0$.

Esta función debe cumplir que, para un nivel de beneficio constante igual a cero, las derivadas de la función de beneficio con respecto a sus precios deben ser iguales a los productos relativos y el factor de intensidad. Ahora bien, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, y asumiendo que todos tengan el mismo grado o al menos grado de homogeneidad uno, entonces dicha función se puede separar aditivamente de la siguiente forma:

$$\Pi(p_1, \dots, p_n) = \Pi^1(p_1) + \Pi^2(p_2) + \dots + \Pi^n(p_n) = 0 \quad (4)$$

donde $\{\Pi^i\}$ es estrictamente monótonica y solo depende de una sola variable. Además, es homogénea del mismo grado o dichas funciones son logarítmicas.

Cada uno de los Π^i pueden ser representados de la siguiente manera:

8 La dualidad en la producción es discutida por Samuelson (1953: 15-20) y Bruno (1969).

9 Empero, el procedimiento para hacerlo desde el enfoque primal es el mismo.

$$\Pi^i(p_i) = (\text{sgn } y_i) b_i |p_i|^\eta \quad (5)$$

donde $i = 1, 2, \dots, n$; y además

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\eta} = 1 \quad (6)$$

$\mathbf{Y} \rho$ es el exponente que acompaña a \mathbf{y} en el caso del enfoque primal.

Entonces, si la función es logarítmica y la función de beneficios también lo es, tanto en cantidades como en precios, respectivamente, se puede escribir de la siguiente manera:

$$\Pi(p_1, \dots, p_n) = (\text{sgn } y_1) b_1 \ln p_1 + (\text{sgn } y_2) b_2 \ln p_2 + \dots + (\text{sgn } y_n) b_n \ln p_n = 0 \quad (7)$$

Respecto a la propiedad de la aditividad en grupo, se sabe que la función de beneficios está dividida en m grupos, los cuales son exclusivos y exhaustivos¹⁰ en cada uno de los grupos de los inputs o commodities. Se dice que esta función es aditiva en grupos si y solo si se puede escribir de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Pi(p_1, p_2, \dots, p_n) = \\ \Pi^1(p_1, p_2, \dots, p_{n_1}) + \Pi^2(p_{n_1+1}, p_{n_1+2}, \dots, p_{n_1+n_2}) + \dots + \quad (8) \\ \Pi^m(p_{n_1+n_2+\dots+n_{m-1}+1}, \dots, p_{n_1+n_2+\dots+n_m}) = 0 \end{aligned}$$

donde $\sum n_i = n$ es el número de los commodities. Cada grupo es un solo commodity y el número de grupos es igual al número de commodities.

Al igual que en el caso de la aditividad simple, la función es homogénea y aditiva en grupo si y solo si las funciones $\{\Pi^i\}$ dentro de los grupos son homogéneas del mismo grado y/o las mismas $\{\Pi^i\}$ son logarítmicas de funciones homogéneas de grado uno. Entonces se puede escribir:

$$\Pi(p_1, p_2, \dots, p_n) = (\text{sgn } G^1) b_1 |G^1|^\eta + (\text{sgn } G^2) b_2 |G^2|^\eta + \dots + (\text{sgn } G^m) b_m |G^m|^\eta = 0 \quad (9)$$

De otra manera, si se requiere, las funciones también pueden ser escritas de manera logarítmica:

¹⁰ Por exclusivos, Christensen *et al.* (1973) se refieren a que los componentes de la función $\Pi^1(p_1, p_2, \dots, p_{n_1})$ se utilizan y afectan solo a Π^1 y no así a $\Pi^2(p_{n_1+1}, p_{n_1+2}, \dots, p_{n_1+n_2})$, por ejemplo. Por exhaustivos se refieren a que estos grupos se agotan.

$$\Pi(p_1, p_2, \dots, p_n) = (\text{sgn } G^1)b_1 \ln|G^1| + (\text{sgn } G^2)b_2 \ln|G^2| + \dots + (\text{sgn } G^m)b_m \ln|G^m| = 0 \quad (10)$$

En ambas ecuaciones $\{G^i(p_{n_1+n_2+\dots+n_{i-1}+1}, \dots, p_{n_1+n_2+\dots+n_i})\}$ se reconoce que son homogéneas de grado uno, $b_i > 0 (i = 1, 2, \dots, m)$, y:

$$(\text{sgn } G^1)b_1 + (\text{sgn } G^2)b_2 + \dots + (\text{sgn } G^m)b_m = 0 \quad (11)$$

Una función que cumple la aditividad en grupo puede presentar los siguientes casos:

- Tener solo un grupo de outputs, $\eta < 1$
- Solamente un grupo de inputs $\eta > 1$
- O que los grupos de commodities sean perfectamente sustitutos $\eta = 1$

En cualquiera de los casos dicha función se considera aditiva en outputs y en inputs, tomando cada grupo como si fuera un commodity.

3.2. Propiedades de la función de costos

En Pyndick (1977) se especifica la función de costos “Translog” como homogénea de grado con las siguientes propiedades¹¹:

$$\sum_i a_i = 1 \quad (12)$$

$$\sum_i \gamma_{Qi} = 0 \quad (13)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}, i \neq j \quad (14)$$

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad (15)$$

Así, para que dicha función sea separable, se debe incorporar una restricción que permite la **homoteticidad**:

$$\gamma_{Qi} = 0 \quad (16)$$

¹¹ Se hace notar que estas propiedades se insertarán en forma de restricciones antes de realizar las regresiones.

La propiedad de homogeneidad se representa¹²:

$$\gamma_{\rho\rho} = 0 \quad (17)$$

Finalmente, para que la suma de todas las elasticidades cruzadas sea uno se debe restringir una de ellas:

$$\gamma_{ij} = 0 \quad (18)$$

Esta propiedad hace que esta función sea de largo plazo, donde no existen costos fijos. Esta última se representa:

$$C(p, 0) = 0 \text{ (inexistencia de costos fijos)}$$

La idea de incorporar esta propiedad como restricción nace de Thutil (2008).

3.3. Elasticidades Allen-Uzawa

La ventaja de la elasticidad Allen-Uzawa, en comparación con la elasticidad normal, es que, además de medir el signo y la magnitud de la sustitución, mide la facilidad de sustitución de un insumo por otro. En otras palabras, la elasticidad Allen-Uzawa no es más que una elasticidad cruzada ponderada que representa el cambio porcentual de la cantidad de un insumo suscitada por el cambio porcentual del precio de otro insumo, manteniendo constantes los precios de los otros insumos. Se muestra la forma matemática a continuación:

$$\sigma^{AU} = \frac{\eta_{ij}}{S_j} \quad (19)$$

donde:

σ^{AU} es la elasticidad Allen-Uzawa insumo i

η_{ij} representa la elasticidad cruzada del insumo i e j , cuando $i \neq j$

S_j representa la participación del gasto del insumo j en el costo total variable.

Esta elasticidad además es simétrica, lo que implica que la elasticidad de sustitución del insumo i por el j es el mismo que el de j por i .

¹² Se resalta que esto es más un efecto que una causa de la homoteticidad.

Modelos en bloque y por pares

Se supone que el modelo en bloque es de largo plazo, dado que en su estructura incorpora todos los energéticos en una sola ecuación y por lo tanto su variación constituye una variación de la función de costos. Por su parte, el modelo por pares es una derivación del modelo en bloque y refleja rigideces en las funciones de corto plazo¹³ entre energéticos. El modelo en bloque se caracteriza principalmente por asumir la no existencia de costos fijos. Por eso constituye una función de costos agregada para toda la economía. Así, toma una función de costos e incorpora las restricciones, procediendo a la búsqueda de la solución¹⁴. De otro lado, el modelo por pares toma ecuaciones basadas en las demandas derivadas de los inputs. El modelo no incorpora restricciones, por eso es una estimación individual en términos de una derivación de la función de costos y/o producción.

3.4. Modelo ecuacional utilizado en el trabajo

A continuación se presentan las ecuaciones que se regresan en el trabajo:

Ecuación en bloque con restricciones incorporadas

$$\begin{aligned}
 \ln C - \ln p_e = & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \alpha_h (\ln p_h - \ln p_e) + \alpha_b (\ln p_b - \ln p_e) + \alpha_k (\ln p_k - \ln p_e) \\
 & + \alpha_l (\ln p_l - \ln p_e) + \frac{1}{2} \gamma_{QQ} (\ln Q)^2 + \frac{1}{2} [2\gamma_{eh} (\ln p_e \ln p_h - \ln p_e \ln p_e) + \\
 & 2\gamma_{eb} (\ln p_e \ln p_b - \ln p_e \ln p_e) + 2\gamma_{ek} (\ln p_e \ln p_k - \ln p_e \ln p_e) + 2\gamma_{el} (\ln p_e \ln p_l - \ln p_e \ln p_e) + \\
 & \gamma_{hh} (\ln p_h \ln p_h - \ln p_e \ln p_e) + 2\gamma_{hb} (\ln p_h \ln p_b - \ln p_e \ln p_e) + \\
 & 2\gamma_{hk} (\ln p_h \ln p_k - \ln p_e \ln p_e) + 2\gamma_{hl} (\ln p_h \ln p_l - \ln p_e \ln p_e) + \gamma_{bb} (\ln p_b \ln p_b - \ln p_e \ln p_e) + \\
 & 2\gamma_{bk} (\ln p_b \ln p_k - \ln p_e \ln p_e) + \gamma_{kl} (\ln p_k \ln p_l - \ln p_e \ln p_e) + 2\gamma_{ll} (\ln p_l \ln p_l - \ln p_e \ln p_e) + \\
 & \gamma_{hh} (\ln p_h \ln p_h - \ln p_e \ln p_e) + \gamma_{Qh} (\ln Q \ln p_h - \ln Q \ln p_e) + \gamma_{Qb} (\ln Q \ln p_b - \ln Q \ln p_e) + \\
 & \gamma_{Qk} (\ln Q \ln p_k - \ln Q \ln p_e) + \gamma_{Ql} (\ln Q \ln p_l - \ln Q \ln p_e)
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

donde:

$\ln C$: Logaritmo del costo total variable de producción de electricidad, hidrocarburos y biomasa.

13 Para obtener el modelo por pares se utiliza el lema de Shepard, es decir, se deriva la función de costos -sin incorporar las restricciones- con respecto a los distintos precios de los inputs. Se obtiene tantas ecuaciones como inputs o energéticos.

14 Las restricciones a ser utilizadas en el marco teórico se encuentran en un modo más formal en las ecuaciones (12) a la (15).

$\ln Q$: Logaritmo de la cantidad total producida de electricidad, hidrocarburos y biomasa.

$\ln p_e$: Logaritmo del precio de la electricidad

$\ln p_h$: Logaritmo del precio de los hidrocarburos

$\ln p_b$: Logaritmo del precio de la biomasa

$\ln p_k$: Logaritmo del precio del capital

$\ln p_l$: Logaritmo del precio del trabajo

Ecuaciones por pares

$$S_e = \alpha_e + \gamma_{Qe} \ln Q + \gamma_{ee} \ln p_e + \gamma_{eh} \ln p_h + \gamma_{eb} \ln p_b + \gamma_{ek} \ln p_k + \gamma_{el} \ln p_l \quad (21)$$

$$S_h = \alpha_h + \gamma_{Qh} \ln Q + \gamma_{hs} \ln p_e + \gamma_{hh} \ln p_h + \gamma_{hb} \ln p_b + \gamma_{hk} \ln p_k + \gamma_{hl} \ln p_l \quad (22)$$

$$S_b = \alpha_b + \gamma_{Qb} \ln Q + \gamma_{be} \ln p_e + \gamma_{bh} \ln p_h + \gamma_{bb} \ln p_b + \gamma_{bk} \ln p_k + \gamma_{bl} \ln p_l \quad (23)$$

donde:

S_e : Participación del gasto de electricidad en el costo total variable.

S_h : Participación del gasto de hidrocarburos en el costo total variable.

S_b : Participación del gasto de biomasa en el costo total variable.

3.5. Explicación de coeficientes y signos esperados

γ_{ii} : Variación porcentual del costo total ante variación porcentual de precio i. Signo esperado, negativo.

γ_{ij} : Variación porcentual del costo total ante variación porcentual cruzada de precio de i e j. Signo esperado, negativo.

α_0 : Características energéticas de la economía (leyes, instituciones, reglamentos, etc.). Signo esperado, indiferente.

4. Manejo y análisis de la información

La construcción de una función “translog” requiere una demandante cantidad y calidad de información –en términos de producción– relacionada con el BE de un año representativo y la evolución de precios de los diferentes energéticos que estructuran la matriz energética sujeta al análisis. Para nuestro caso de estudio tomamos en cuenta los agregados de producción y consumo de electricidad¹⁵, hidrocarburos¹⁶ y biomasa¹⁷, correspondientes al Balance Energético de Bolivia (2007) y series oficiales de tiempo comprendidas entre 1990 y 2010 para estos energéticos.

4.1. Pruebas estadísticas realizadas

Tanto en el modelo en bloque como por pares se descarta evidencia de quiebre estructural y multicolinealidad en base a las pruebas de CUSUMQ¹⁸ y Farrar-Glauber. La inexistencia tanto de quiebre estructural como de multicolinealidad valida la correcta especificación del modelo.

En cuanto al análisis de heteroscedasticidad, se toma en cuenta las pruebas de Breusch-Pagan-Godfrey, White y Glesjer. Los resultados indican existencia de heteroscedasticidad tanto en el modelo en bloque como en todos los casos del modelo por pares. Este problema es frecuente en modelos de sección cruzada y es necesario para corregirlo aplicar la metodología propuesta por White, la cual permite que el problema de heteroscedasticidad sea consistente con el modelo¹⁹.

Finalmente, para testear autocorrelación se realizan las pruebas de Durbin Watson y Breusch-Godfrey. Todos los test arrojaron evidencia de autocorrelación de distintos órdenes tanto en el modelo en bloque como en todos los casos del modelo por pares. Es probable que esta información esté capturando algunas estacionalidades de producción. Para solucionar este problema se vuelve a estimar el modelo mediante la metodología HAC (*Heteroskedastic*

15 La información corresponde al Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC).

16 La información corresponde a reportes oficiales de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB).

17 La información corresponde a informes de la Fundación Proleña (2010).

18 Se encuentra quiebre estructural en el modelo por pares para el caso de los hidrocarburos, debido a cambios en el marco legal del país producidos entre 2006 y 2007. Este problema se corrige mediante la introducción de variables dicotómicas.

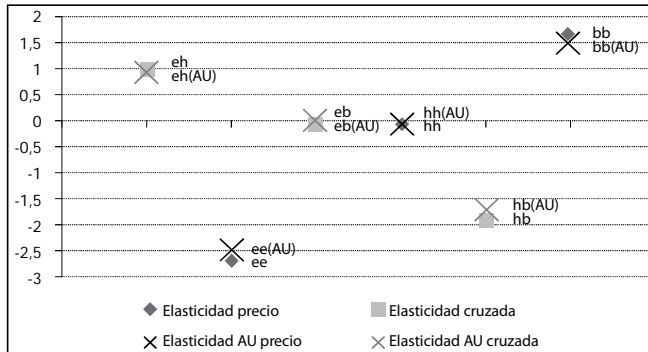
19 Esto último se realiza con el fin de no alterar las variables explicativas del modelo para que la regresión no pierda sentido económico, como ocurriría en el caso en el que se hubiera utilizado otras metodologías.

Autocorrelation Consistent), que es una extensión de la metodología de White propuesta por Newey-West (1987: 703-08).

5. Resultados del modelo

A continuación, se muestra en el Gráfico 4 el resultado de las elasticidades obtenidas a partir de la regresión en bloque²⁰. Como se puede observar, todas las elasticidades precio de la demanda arrojan signos esperados (negativo), a excepción de la biomasa. Esto puede deberse a que 80% de la biomasa es de autoabastecimiento y cerca del 70% es consumida en el área rural²¹ -aunque el costo de oportunidad de consumo de la biomasa aumente, la población rural mantiene su nivel de uso.

Gráfico 4: Elasticidades normales y Allen-Uzawa del modelo en bloque



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por el modelo

donde²²:

ee = elasticidad normal del precio de la electricidad

ee(AU) = elasticidad Allen-Uzawa del precio de la electricidad

hh = elasticidad normal del precio de los hidrocarburos

hh(AU) = elasticidad Allen-Uzawa del precio de los hidrocarburos

bb = elasticidad normal del precio de la biomasa

²⁰ Los valores de las elasticidades, así como los niveles de significancia, pueden verse en el Anexo 1.

²¹ Véase informe BID (2006)

²² Esta explicación es válida tanto para el modelo en bloque como para el modelo por pares.

$bb(AU)$ = elasticidad Allen-Uzawa del precio de la biomasa

eh = elasticidad normal cruzada de electricidad e hidrocarburos

$eh(AU)$ = elasticidad Allen-Uzawa cruzada de la electricidad e hidrocarburos

eb = elasticidad normal cruzada de electricidad y biomasa

$eb(AU)$ = elasticidad Allen-Uzawa cruzada de la electricidad y biomasa

hb = elasticidad normal cruzada de los hidrocarburos y biomasa

$hb(AU)$ = elasticidad Allen-Uzawa cruzada de los hidrocarburos y biomasa

Por su parte, las elasticidades cruzadas muestran que ante cambios en el precio de algunos insumos se producen presiones para que las cantidades de otros insumos también varíen. Los resultados del modelo en bloque concluyen –como se explica más adelante– como era de esperar, que algunos energéticos son sustitutos y otros no.

Para el caso referido a la electricidad y los hidrocarburos, se demuestra la imposibilidad de sustitución –se acepta la hipótesis nula de no significancia individual–; el signo puede explicarse por la baja cobertura del servicio eléctrico que hace inviable la sustitución, así como una baja capacidad de cambio tecnológico en el corto plazo.

En el caso de la electricidad y la biomasa, el modelo permite presumir una baja sustitución energética de corto plazo –en áreas rurales con vocación forestal y agroecológica–; en el mediano y largo plazo la sustitución depende de la orientación de las políticas energéticas, así como de la intensidad de inversión que se destine a la adquisición de capital para el cambio de tecnología.

Como era de esperar, la sustitución entre hidrocarburos y biomasa es inviable para todo horizonte de planificación. El bajo consumo energético –agrupado en comunidades de menos de 60 familias– de las áreas rurales, su reducida capacidad de pago y la enorme dispersión geográfica de esta población impiden erogar recursos económicos necesarios para realizar un cambio tecnológico incluso en el largo plazo.

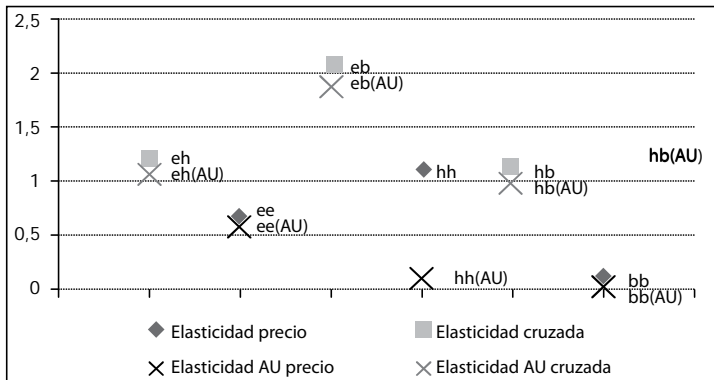
En este punto conviene recordar que las elasticidades Allen-Uzawa resultan de una ponderación de la elasticidad de precios cruzados. El resultado de éstas dio signo negativo, excepto para el caso de la biomasa –tanto en el modelo en bloque como por pares. Este resultado puede deberse a que la biomasa representa una fracción significativa del gasto de las familias en su canasta de consumo.

Finalmente, para el modelo en bloque el resto de combinaciones de sustitución energética en todo el espectro de la matriz energética de Bolivia presenta estadísticos muy poco significativos.

Precisando los resultados del modelo por pares²³ (véase el Gráfico 5), todas las elasticidades cruzadas muestran imposibilidad sustitución energética. En el corto plazo sin duda es difícil encontrar sustitutos energéticos, debido a los altos costos fijos iniciales que presentan algunos, así como por restricciones tecnológicas y logísticas.

También existen explicaciones más puntuales; por ejemplo, en los casos de electricidad e hidrocarburos, es notoria una alta dependencia de consumo fósil, junto con una subvención de producción a los mismos, la cual distorsiona los incentivos económicos de otro tipo de fuentes energéticas. Otra línea argumental gira en torno a las especificaciones de cada combustible que limitan su sustitución.

Gráfico 5: Elasticidades normales y Allen-Uzawa del modelo por pares



Fuente: Elaboración propia

Las elasticidades de sustitución Allen-Uzawa en este modelo arrojan valores positivos, indicando no sustitución, al igual que las elasticidades precio. La explicación es que las elasticidades del modelo por pares muestran relaciones de variación porcentual entre precios y cantidades en el corto plazo, que hacen que sea imposible dejar de demandar por inexistencia de sustitutos.

²³ Los valores de las elasticidades, así como los niveles de significancia, pueden verse en el Anexo 2.

6. Conclusiones

La conclusión central del documento apunta a señalar que la matriz energética de Bolivia se encuentra estructuralmente limitada en cuanto a sus posibilidades de sustitución de fuentes energéticas, tanto en el corto como en el largo plazo, entre los tres principales agregados de consumo secundario de energía; a nivel urbano se cuenta con electricidad e hidrocarburos, mientras que a nivel rural se cuenta con la biomasa.

Según los resultados encontrados en este trabajo, se constata que en el largo plazo los únicos sustitutos energéticos viables (bajo señales económicas) son la electricidad y la biomasa. Como era de esperar –dada la capacidad de pago de los agentes económicos y la limitada capacidad empresarial de efectuar inversiones de capital en un horizonte sostenido de tiempo– ningún energético mostró condiciones efectivas de sustitución.

Una primera explicación de este problema está relacionada con la imposibilidad de generar un cambio o switch tecnológico, debido a la complejidad técnica y logística que implica mudar de una tecnología a otra. Debemos tomar en cuenta que este fenómeno es realmente posible solo en el largo plazo y depende sustancialmente de un adecuado y armonizado sistema de incentivos entre productores (léase inversiones rentables) y consumidores (en nuestro caso, con un muy bajo consumo específico de energía y capacidad de pago).

Una segunda aproximación –más profunda– del problema resalta que la falta de un esquema integral de planificación técnica y estabilidad jurídica del sistema energético (en sendas de producción y consumo) ha rigidizado y segado la matriz energética hacia fuentes fósiles, ocasionando desbalances entre estos agregados. Esta situación sin duda ya incide e incidirá en el futuro en la seguridad energética del país y en las perspectivas de inversión de los sectores de hidrocarburos y electricidad.

Artículo recibido en: febrero de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: julio de 2011

Referencias

7. Adeyemo, O. O., Mabugu, R. y Hassan, R. H. (2007). Interfuel substitution: the case of the Nigerian industrial sector. *Journal of Energy in Southern Africa*, 18 (1)
8. Allen, R. (1938). *Mathematical Analysis for Economists*. Londres: Macmillan.
9. Anderson, R. y Moroney, J. (1993). Morishima Elasticities of substitution with nested production functions. *Economics Letters*, 42: 159-166.
10. Astorga, A. y Rodriguez, J. (1984). La función exponencial y la función logarítmica. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Matemática.
11. Atkinson, S. y Halvorsen, R. (1976). Interfuel Substitution in Steam Electric Power Generation. *The Journal of Political Economy*, 84 (5): 959-978. University of Chicago Press.
12. Bacon, R. (1992). "*Measuring the possibilities of Interfuel Substitution*". Working Paper, Country Economic Department, The World Bank.
13. BID (2006). "*Plan Maestro de Electrificación Rural*"
14. Blackorby, Ch. y Russell, R. (1981). The Morishima Elasticity of Substitution: Symmetry, Constancy, Separability, and Its Relationship to the Hicks and Allen Elasticities. *Review of Economic Studies*, 46: 527-31, julio.
15. Bong, C. y Labys, W. (1988). Application of the translog model of energy substitution to developing countries: The case of Korea. *Energy Economics*, 10: 313-323.
16. Christensen, L., Jorgenson, D. y Lau, L. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55 (1), 28-45, febrero.
17. Christev, A. y Allen, F. (2005). A Note on Allen-Uzawa Partial Elasticities of Substitution: The Case of the Translog Cost Function. Heriot Watt University. School of Management and Languages Discussion Paper Series in Economics ISSN 1741-8240. DP2004-E07.
18. CNDC. (2010). Revista mensual de los resultados de la operación del sistema interconectado nacional (sin) y del mercado eléctrico mayorista (mem).

19. Considine, T. (1989). Separability, functional form and regulatory policy in models of interfuel substitution. *Energy Economics*, 11: 82-94.
20. Diewert, W. (1974). Applications of Duality Theory. En: Intriligator y Kendrick (eds). *Frontiers of Quantitative Economics*. Vol. II: 106-171. Amsterdam, North-Holland.
21. Diewert, W. y Wales, T. (1987). Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions. *Econometrica*, January, 55(1): 43-68.
22. Ernst, R. y Wood, D. (1975). *Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy*. The MIT Press.
23. Griffin, J. y Gregory, P. (1976). An Intercountry Translog Model of Energy Substitution. Responses. *The American Economic Review*, 66(5): 845-857, December.
24. Hall, V. (1986). Major OECD country industrial sector interfuel substitution estimates, 1960-1979. *Energy Economics*, 8: 74-89.
25. Henderson, J. y Quandt, R. (1981). *Teoría microeconómica. Una aproximación matemática*. Ariel.
26. Hertel, T. (1984). Applications of the Duality and Flexible Functional Form: The Case of the Multiproduct Firm. *Research Bulletin* 980, Purdue University, September, 15-20.
27. Hicks, J. (1932). *Theory of wages*. New York: St. Martin Press.
28. Jones, C. (1995). A dynamic analysis of interfuel substitution in US industrial energy demand. *Journal of Business and Economics Statistics*, 13: 459-465.
29. Lau, L. (1978). Testing and Imposing Monotonicity, Convexity, and Quasi-Convexity Constraints, in: Fuss and McFadden, eds., *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications* Vol. I. Amsterdam, North-Holland.
30. Mara, H. (2000). *Operaciones con números índices*. Universidad de los Andes. Seminario de Economía Aplicada. Sección Única.
31. Ministerio de Hidrocarburos y Energía. (2007). *Balance energético Nacional (BEN)*.

32. Morrissett, I. (1953): Some Recent Uses of Elasticity of Substitution. A Survey. *Econométrica*, January, 21(1): 41-62.
33. Newey, W. y West, K. 1987. A Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econométrica*, Econometric Society, vol. 55(3): 703-08, May.
34. Østbye, S. (2004). The Translog Neoclassical Growth Model. Universitetet I Tromsø. Department of Economics and Management Norwegian College of Fishery Science University of Tromsø Norway Working Paper Series in Economics and Management No.02/04.
35. Pyndick, R. (1977). Interfuel Substitution and the Industrial Demand for Energy: An International Comparison. Massachusetts Institute of Technology. Working Paper.
36. Ramsey, J. (1969): Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series B (Methodological), 31 (2): 350-371,.
37. Russell, S, Paresh, K. y Hongliang, S. (2010). Inter-fuel Substitution in the Chinese Iron and Steel Sector. Monash University. Business Economics. Department of Economics ISSN 1441-5429 Discussion paper 22/10.
38. Serletis, A. y Shahmoradi, A. (2008). Semi-nonparametric estimates of interfuel substitution in US energy demand. *Energy Economics*, 30: 2123-2133. 18
39. Serletis, A., Timilsana, G. y Vasetsky, O. (2009). International evidence on interfuel substitution. World Bank Working Paper.
40. Serletis, A., Timilsana, G. y Vasetsky, O. (2010). Interfuel substitution in the United States. *Energy Economics*, 32: 737-745.
41. Stern, D. (2009). Interfuel Substitution: A Meta-Analysis. Australian National University, Arndt-Corden Division of Economics, Research School of Pacific and Asian Studies.

42. Tuthill, L. (2008). Interfuel Substitution and Technical Change in the US Electricity Generating Industry Under the Tradable Sulphur Allowance Scheme: 1990–2004. Oxford Institute for Energy Studies.
43. Uri, N. (1979). Energy Demand and Interfuel Substitution in India. *European Economic Review*, 12:181-90.
44. Uzawa, H. (1962). Production Functions with Constant Elasticities of Substitution. *Review of Economic Studies*, 29: 291-299, Octubre.
45. Yacimientos Petrolíferos Fiscales de Bolivia, YPFB (2010). “*Boletín estadístico Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*”.

Anexo 1

Resultados de las elasticidades del modelo en bloque

Elasticidad	Valor	Allen-Uzawa	Valor
Precio		σ_{ee}^{AU}	-2,45386039 ^{na}
η_{ee}	-2,6796046 ^{na}	σ_{hh}^{AU}	-0,08657191
η_{hh}	-0,09488547	σ_{bb}^{AU}	1,5168816 ^{**}
η_{bb}	1,66609744 ^{**}	σ_{eh}^{AU}	0,92333276
Cruzada		σ_{eb}^{AU}	-0,00523535 ^{**}
η_{eh}	1,01200107	σ_{hb}^{AU}	-1,74782256
η_{eb}	-0,00575036 ^{**}	** Indica que es significativo al 5%.	
η_{hb}	-1,91975665	* Indica que es significativo al 10%	
	R²	Prob.(Estadístico F)	Durbin-Watson
	0,790798	0	2,619861

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Resumen de las pruebas ejecutadas del modelo en bloque

Quiebre estructural		
Nombre del test	Resultado	Porcentaje
CUSUM Q	No existe quiebre	Por debajo del 5%
Ninguna variable tiene algún quiebre significativo		
Multicolinealidad		
Nombre del test	Resultado	Porcentaje
Correlaciones	No existe	
Gráfica	No existe	
Farrar-Glauber	No existe	Por debajo del 5%
Variables distintas tanto teórica como empíricamente		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Resumen de las pruebas ejecutadas del modelo en bloque

Heteroscedasticidad			
Nombre del test	Resultado	Porcentaje	Solución
Breusch-Pagan-Godfrey	Existe	1,9	Newey-West
White	Existe	1,9	
Glesjer	Existe	0,6	
Alta variabilidad en su producción			
Autocorrelación			
Nombre del test	Resultado	Porcentaje	Solución
Durbin-Watson	Region indecisión	2,68	Heteroskedastic-Autocorrelation Consistent
Breusch-Godfrey	Existe (12)	0	
Correlograma	Existe (1,6,11,12,13)	0	
Expectativas de producción			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Anexo 2

Resultados de las elasticidades del modelo por pares

Elasticidad	Valor	Allen-Uzawa	Valor
Precio			
η_{ee}	0,64401519**	σ_{ee}^{AU}	0,58975991**
η_{hh}	1,09563956*	σ_{hh}^{AU}	0,09147518*
η_{bb}	0,06032864**	σ_{bb}^{AU}	0,00957894**
Cruzada		σ_{eh}^{AU}	1,0664221*
η_{eh}	1,16883138*	σ_{eb}^{AU}	1,87321106**
η_{eb}	2,05747968**	σ_{hb}^{AU}	0,99472608
η_{hb}	1,09257773	** Indica que es significativo al 5%. * Indica que es significativo al 10%	
	R ² (E)	R ² (H)	R ² (B)
	0.734813	0.998930	0.997483

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Resumen de las pruebas ejecutadas del modelo por pares

Quiebre Estructural			
Nombre del test	Resultado	Porcentaje	Solución
CUSUM Q (E)	No existe	Por debajo del 5%	
CUSUM Q (H)	Existe	Por encima del 5%	Variables dicotómicas
CUSUM Q (B)	No existe	Por debajo del 5%	
Cambio en la ley de hidrocarburos (2006)			
Multicolinealidad			
Nombre del test	Resultado	Porcentaje	
Correlaciones	No existe		
Gráfica	No existe		
Farrar-Glauber	No existe	Por debajo del 5%	
Variables completamente independientes			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Resumen de las pruebas ejecutadas del modelo por pares

Heteroscedasticidad				
Nombre del test	Resultado (E)	Resultado (H)	Resultado (B)	Solución
Breusch-Pagan-Godfrey	Existe	Existe	Existe	Newey-West
White	Existe	Existe	Existe	
Glesjer	Existe	Existe	Existe	
Alta variabilidad en su producción				
Autocorrelación				
Nombre del test	Resultado (E)	Resultado (H)	Resultado (B)	Solución
Durbin-Watson	Region indecisión	Existe	Existe	Heteroskedastic-Autocorrelation Consistent
Breusch-Godfrey	Existe (12)	Existe (12)	Existe (12)	
Correlograma	Existe (1,11,12,13)	Existe (1,2,3,11,13)	Existe (1,2,3,7)	
Expectativas de producción				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IISEC recabados de CNDC, YPFB, Proleña (2010) y BID (2006)

Amenazas ambientales y vulnerabilidad en un contexto de variabilidad climática en Bolivia

Environmental threats and vulnerability in a variability climate context for Bolivia

*Gimmy Nardó Sanjines Tudela**

Resumen

El objetivo del presente trabajo de investigación es mostrar el impacto de las amenazas de la inundación, la sequía y la helada en el bienestar de las diferentes regiones de Bolivia, tomando a las vulnerabilidades como variables de aproximación a los indicadores socioeconómicos de bienestar.

La investigación aporta al estado del conocimiento con un nuevo método para estimar e identificar los impactos en el bienestar socioeconómico producido por el cambio climático, a partir de la combinación del análisis de la variabilidad climática con la inteligencia artificial.

Para lograr el objetivo planteado de identificar las relaciones entre amenazas, vulnerabilidades y el bienestar se construyen diversos Sistemas Expertos (los mismos que pertenecen al área de la Inteligencia Artificial) con base en el algoritmo C4.5. El algoritmo tiene como característica principal que permite ensamblar los árboles de decisión con base en tablas de datos, haciendo de esta manera el trabajo de reconocimiento de patrones mediante testores.

El reconocimiento de patrones permite describir el incremento o decremento del bienestar producido por las variables objeto de estudio.

* Docente de la Carrera de Economía e Ingeniería Ambiental perteneciente a la Universidad Católica Boliviana a nivel de Post Grado y Pregrado. Administrador de "Joint European Latin American Universities Renewable Energies Project" JELARE - Bolivia. Email: g.sanjines97@egresados.uniandes.edu.co

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, riesgos ambientales, Path theory, Impacto en el bienestar, impacto socioeconómico, economía del bienestar.

Abstract

The object of the present investigation paper is to show the impact of the threats of flooding, drought and frosting in the welfare of the different regions of Bolivia taking into account the vulnerabilities as variables of approximation to the different indicators socio-economical of welfare.

The investigations is important because it brings to the state of knowledge a new method to calculate and identify the impacts on the socio-economic produced by the climatic change. The method for its validation is applied in a very particular way in Bolivia. This contribution is generated by combining the analysis of the climatic variability –that basically is expressed in threats, and vulnerabilities and the risk- with artificial intelligence.

To obtain the objective manifested we must identify the relations between threats, vulnerabilities and welfare and welfare you must construct different Expert Systems (the same that belong to the area of artificial Intelligence) with the basis in the algorithm C4.5. The algorithm has as main characteristic that allows assemble the tree of decision with base in facts tables, making in this way the work of recognition of patterns.

The recognition of this pattern allows to describe, the increase or decreasing of the welfare produced by the variables object of study acquiring in this way, the objective stated.

Keywords: Artificial Intelligence, Expert Systems, Environmental Risks, Path theory, Impact on Welfare, Socio-economic, Welfare Economics.

Clasificación / Classification JEL: C45, C54, C89, D63, Q28

1. Introducción

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado y demostrado del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar. El calentamiento global, fenómeno de largo plazo, se considera que genera el escenario

propicio para la variabilidad climática, fenómeno de corto plazo. La variabilidad climática es el fenómeno que las personas perciben en su cotidiano vivir, el mismo se expresa en cambios en la temporalidad, intensidad y frecuencia en que ocurren los fenómenos atmosféricos.

Por otro lado, los fenómenos naturales tienen una incidencia social, económica y natural, lo cual los convierte en amenazas. Actualmente, la manifestación de fenómenos hidroclimáticos extremos, como efecto del cambio climático, está agravando las amenazas e incrementado la posibilidad de escenarios de desastre. Estos escenarios de desastres y su potencial ocurrencia se denominan riesgos. El riesgo, funcionalmente hablando, resulta de la composición de las amenazas y vulnerabilidades que existen en una región determinada. Estas amenazas y vulnerabilidades impactan en el bienestar de las sociedades.

Tradicionalmente, en los trabajos de investigación acerca del bienestar se enfoca el análisis en indicadores macroeconómicos, en función generalmente del Producto Interno Bruto, dejando de lado las interacciones directas e indirectas que se dan entre medio ambiente y bienestar. Empero, en los ámbitos económico y, sobre todo, social, en la actualidad también se observa una utilización creciente del concepto de vulnerabilidad, que posee casi las mismas variables incluidas en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Pobreza Humana (IPH) y las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), que en su conjunto son considerados indicadores de bienestar. Esto se realiza con la finalidad de abordar cuestiones diversas desde perspectivas distintas a las que generalmente se utilizan.

Esta nueva perspectiva de análisis, basada en el concepto de vulnerabilidad, traslada la atención principalmente hacia los grupos o entidades expuestas a cambios ambientales. A diferencia del planteamiento tradicional, el análisis de vulnerabilidad considera las diferentes presiones a las que puede verse sometida una comunidad, un municipio, un departamento o un país. En este marco se realiza el trabajo para el caso de Bolivia, con la finalidad de, por un lado, determinar una estructura formal matemática que describa el impacto que generan las amenazas y vulnerabilidades en el bienestar de las personas y, por otro, cuantificar el impacto.

2. Generalidades

Bolivia se encuentra situada en una zona de intensa actividad climática, por lo que cada año es amenazada por ondas tropicales, como tormentas, y disturbios, como heladas y sequías estacionales, que afectan a los asentamientos humanos y las actividades económicas de toda índole.

En los últimos cuarenta años, la mortalidad a causa de inundaciones representa el 45% del total de vidas perdidas como efecto de eventos adversos, correspondiendo el 30% a epidemias, el 16% a deslizamientos, el 8% a terremotos y el 1% a vientos huracanados. Si se describe a la población afectada por eventos climáticos adversos en estos mismos cuarenta años, un 69% del total corresponde a sequías. Los afectados por inundaciones corresponden al 28% y por deslizamientos al 3% (Quiroga *et al.*, 2010).

Las consecuencias de estos eventos se expresan en pérdidas económicas. Según la CEPAL, éstas ascienden a 965,6 millones de dólares a causa de sequías, 400 millones a deslizamientos y 804,6 millones a de inundaciones.

Entre los desastres naturales reportados que se han incrementado en los últimos cinco años están la inundación y la helada: en 2002 se llegó a 353 casos de inundación y en 2006 a 868; los casos de helada subieron de 66 a 121 en el mismo período. Los departamentos que sufrieron más en el período indicado fueron La Paz, con 404 casos de desastres naturales reportados; Beni, con 182; Potosí, con 163; Tarija, con 111; y Oruro, con 110 casos.

En relación con el número de familias damnificadas, éstas se incrementaron entre 2003 y 2006, por efecto de inundaciones, de 38.631 a 45.928; por heladas, de 2.402 a 7.851 familias; por granizadas, de 6.225 a 11.528 familias; por deslizamientos, de 426 a 714 familias. Los departamentos en los que mayor cantidad de familias sufrieron los efectos de los desastres naturales en 2006 fueron La Paz, con 16.849; Potosí, con 12.256; Beni, con 9.511; Santa Cruz, con 8.862 y Oruro, con 8.113 familias (INE, 2010).

Por otro lado, si se describen las vulnerabilidades, éstas se encuentran asociadas estructuralmente a los modelos de desarrollo vigentes, que generan desigualdades sociales, económicas y políticas, marginalidad, inequidad y exclusión social. Las condiciones de vulnerabilidad se relacionan a largo plazo con la migración acelerada, el deterioro ambiental, las condiciones de pobreza y la debilidad institucional.

Cabe mencionar que Bolivia mejoró en la agenda de la gestión del riesgo mediante la aplicación de estrategias de intervención y la formulación de instrumentos normativos que coadyuvan en el fortalecimiento de las instancias de decisión política (CONARADE) y técnica (SINAGER). Sin embargo, las entidades relacionadas con la temática tienen dificultades para desarrollar tareas más amplias e integrales que contemplen todas las etapas del ciclo de la gestión del riesgo, debido, entre otros, a factores de manejo de información, aplicación

de investigaciones, diseño de herramientas e instrumentos y procesos de planificación relacionados con la reducción del riesgo.

Por lo tanto, la problemática general del escenario de riesgo en Bolivia, desde una visión integral que asocia la identificación de las amenazas, la evaluación de las vulnerabilidades y la definición de líneas de acción estratégicas de reducción del riesgo, se relaciona con las condiciones socioeconómicas.

3. Metodología

Para investigar el impacto de las amenazas y vulnerabilidades en el bienestar se plantean los siguientes pasos:

- Acopio de información referente a amenazas, vulnerabilidades y variables que pueden mostrar el bienestar de los 347 municipios de Bolivia.
- Segmentación de las variables en altiplano, valles y llanos, para un mejor análisis.
- Utilización del algoritmo C4.5 para construir los sistemas expertos.
- Análisis de significancia y diagnóstico del sistema experto mediante la matriz de confusión.
- Finalmente se efectúa el análisis e interpretación de los resultados simulando las respuestas mediante el software generado.

4. Aspectos teóricos sobre inteligencia artificial y los modelos C4.5

4.1. Reconocimiento de patrones

Se entiende por reconocimiento de patrones a la ciencia que se integra como un componente del área de la Inteligencia Artificial que se ocupa, en este caso en particular, de describir procesos y/o fenómenos económicos y su relación con el medio ambiente, utilizando dispositivos computacionales. Estos dispositivos computacionales procesan la información que finalmente permite establecer propiedades y/o vínculos entre conjuntos de variables con las cuales se intenta explicar el fenómeno. Los objetos abstractos, materia prima para el reconocimiento de patrones, son n-uplos de un cierto producto cartesiano de

conjuntos de cualquier naturaleza -como la Teoría Clásica de Conjuntos, la Teoría Difusa, la Teoría Rugosa o cualquier teoría de conjuntos que en un futuro se pueda crear.

En general, el reconocimiento de patrones (RP) es una ciencia interdisciplinaria cuyas fuentes integrantes son la matemática y la ingeniería de sistemas. El terreno de aplicación y trabajo del RP es amplio y variado, tanto desde el punto de vista de las investigaciones llamadas fundamentales, teóricas o básicas, como de las aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento.

Ingresando al reconocimiento de patrones de manera formal, se describe inicialmente un objeto O , el mismo que es un n -uplo $I(0) = (x_1(0), \dots, x_n(0))$ donde $x_i(0) \in M_i$ con $i = 1, \dots, n$. Sobre M_i no se asume estructura algebraica, topología o lógica alguna.

A partir de un conjunto de descriptores de m objetos, que se denominan testores, se describe cualquiera de los patrones inmersos. Es decir, si se tiene una matriz MA de una muestra de entrenamiento de la matriz $M \subseteq U$, los descriptores son representados por tantas columnas como variables y de tantas filas como registros, y estas filas agrupadas en r clases. Si el conjunto completo de las variables R es tal que las descripciones de objetos de la muestra M (filas de MA) que se encuentran en clases diferentes no se confunden, decimos que R es un testor.

De manera consecuente, se dice que el conjunto $\tau = \{i_1, \dots, i_s\}$ de columnas de la tabla T (y sus respectivos rasgos $(x_{i_1}, \dots, x_{i_s})$) se denomina testor para $(T_0, T_1) = T$, si, después de eliminar de T todas las columnas excepto las de τ , no existe fila alguna en T_0 igual a una de T_1 . (Abadia, 2010).

4.2. El proceso de extracción del conocimiento

El descubrimiento de conocimiento en bases de datos (en inglés *knowledge Discovery from Databases*, KDD) es un proceso iterativo e interactivo. Es iterativo porque la salida de alguna de las fases puede hacer volver a pasos anteriores y porque a menudo son necesarias varias iteraciones para extraer conocimiento de calidad. Es interactivo porque el usuario, o más generalmente un experto en el dominio del problema, debe ayudar en la preparación de los datos y la validación del conocimiento extraído.

El proceso de KDD se organiza en cinco fases. En la fase de integración y recopilación de datos se determinan las fuentes de información que pueden ser útiles. A continuación,

se transforman todos los datos en una sistematización formal, frecuentemente mediante un almacén de datos que logre unificar de manera operativa toda la información recogida, detectando y resolviendo las inconsistencias. Estas situaciones se tratan en la fase de selección, limpieza y transformación, en la que se eliminan o corrigen los datos incorrectos y se decide la estrategia a seguir con los datos incompletos. La selección incluye tanto una fusión horizontal como otra vertical. Las dos primeras fases se suelen complementar bajo el nombre de “preparación de datos”. En la fase de minería de datos se analiza cuál es la tarea a realizar y se elige el método que se va a utilizar (se define cuál es la finalidad del sistema experto y cuál de éstos se va a utilizar). En la fase de evaluación e interpretación se evalúan los patrones y se analizan por los expertos, y si es necesario se vuelve a las fases anteriores para una nueva iteración. Esto incluye resolver conflictos con el conocimiento que se disponía anteriormente. Finalmente, en la fase de difusión se muestra el trabajo del sistema experto.

4.3. Algoritmo de inducción de Sistemas Expertos por árboles de decisión C4.5

El algoritmo C4.5 permite construir, a partir de un conjunto de datos de entrenamiento, un sistema experto que tiene como estructura básica un árbol de decisión que representa la relación que existe entre la decisión y sus atributos o variables. Para construir el sistema experto se realizan estratificaciones binarias sucesivas en el espacio de las variables explicativas, de forma que para realizar cada partición se escoja la variable que aporta más información en función de una medida denominada entropía, o cantidad de información que posee.

El árbol de decisión se construye bajo las siguientes premisas:

- Cada nodo corresponde a un atributo y cada rama al valor posible de ese atributo. Una hoja del árbol especifica el valor esperado de la decisión de acuerdo con la base de datos utilizada. La explicación de una determinada decisión viene dada por la trayectoria desde la raíz a la hoja representativa de decisión.
- A cada nodo se le asocia aquel atributo más informativo que haya sido considerado en la trayectoria desde la raíz.
- Para medir el nivel informativo de un atributo se emplea el concepto de entropía. Cuanto menor sea el valor de la entropía, menor será la incertidumbre y más útil será el atributo para la clasificación.

El algoritmo, como principio, utiliza el criterio denominado *gain* (ganancia) para elegir el atributo (variable) con base en el cual se realiza cada partición; estas particiones llegan a constituir el árbol.

Lo anterior, de manera formal matemática, se expresa de la siguiente manera: sea un conjunto aleatorio de elementos de un conjunto T denominado población y que pertenece a una clase C_j . La probabilidad del mensaje que nos indica la clase a la que pertenece el elemento es:

$$P = \frac{freq(C_j, T)}{|T|} \quad (1)$$

y la información que proporciona dicho mensaje es:

$$I = -\log_2\left(\frac{freq(C_j, T)}{|T|}\right) \text{ bits,} \quad (2)$$

donde: $freq(C_j, T)$ representa el número de casos u observaciones en el conjunto T que pertenecen a la clase C_j y $|T|$ denota el número de casos u observaciones que contiene el conjunto T . Por tanto, tomando la esperanza matemática de la cantidad $-\log_2\left(\frac{freq(C_j, T)}{|T|}\right)$, se tiene la cantidad media de información necesaria para identificar la clase, de entre k clases posibles, a la que pertenece un caso en el conjunto T (la denominada entropía del conjunto T). Esa cantidad media viene dada por la expresión:

$$info(T) = -\sum_{j=1}^k \frac{freq(C_j, T)}{|T|} \times \log_2\left(\frac{freq(C_j, T)}{|T|}\right) \quad (3)$$

Si se conoce el valor que toma un determinado atributo X para cada elemento del conjunto T , entonces para clasificar cada elemento se requiere una cantidad de información menor que $info(T)$; esta cantidad se puede expresar como:

$$info_x(T) = \sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \times info(T_i) \quad (4)$$

donde T_i es cada una de las particiones hechas en el conjunto T , de acuerdo con los distintos valores que tome el atributo X , y $|T_i|$ es el número de observaciones que contiene cada una de dichas particiones. La magnitud:

$$gain(X) = info(T) - info_x(T) \quad (5)$$

mide la cantidad de información que se gana dividiendo el conjunto de datos T de acuerdo con el atributo X . Entonces, el criterio de ganancia selecciona para hacer la partición aquel atributo para el cual se maximiza la ganancia de información.

Para evitar los sesgos que favorezcan a los atributos con muchos valores posibles, se plantea el siguiente estimador robusto:

$$split\ info(X) = -\sum_{i=1}^n \frac{|T_i|}{|T|} \times \log_2\left(\frac{|T_i|}{|T|}\right) \quad (6)$$

que representa la entropía del conjunto T cuando es dividido de acuerdo con los valores que toma el atributo X . Esta entropía será tanto mayor cuanto más elevado sea el número de dichos valores. De este modo, puede ser utilizado como divisor de $gain(X)$ para corregir los elevados valores que esta magnitud tiene para aquellos atributos que adopten un mayor número de valores posibles. Entonces, el atributo elegido para la partición es aquél para el cual el ratio de ganancia sea mayor, definiéndose esta medida como:

$$gai\ ratio(X) = \frac{gain(X)}{split\ info(X)} \quad (7)$$

El árbol construido por aplicación reiterada del criterio mostrado consta del mínimo número de atributos (variables) que se requieren para la clasificación eficiente (Muguerza, 2006)

5. Análisis de resultados

Para construir el sistema experto mediante el algoritmo C4.5, se utiliza el concepto de entropía de la información. Los datos de entrenamiento son un sistema $S = s_1, s_2, \dots$ de muestras ya clasificadas. Cada muestra s_i es un vector conformado por $s_i = x_1, x_2, \dots$, donde x_1, x_2, \dots representan las cualidades o las características de la muestra. Los datos del entrenamiento se aumentan con un vector $C = c_1, c_2, \dots$, donde c_1, c_2, \dots representan la clase de cada muestra que pertenece a la base de datos.

Cuadro 1
Variables objeto de estudio

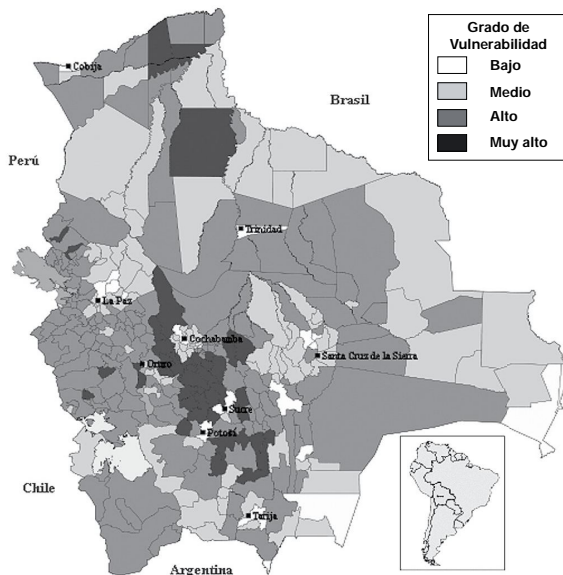
Código	Variable
A1	Número
A2	Departamento
A3	Municipio
A4	Población total del municipio
A5	Población infantil
A6	Población adulto mayor
A7	Tasa de crecimiento
A8	Analfabetos menores de 15 años
A9	Cobertura en educación
A10	Escolaridad menores de 19 años
A11	Terminó 8vo primaria
A12	Tasa de mortalidad infantil de menores de 1 año
A13	Déficit de personal calificado en salud por cada 1000 habitantes
A14	Mujeres embarazadas con cuarto control prenatal
A15	Incidencia de pobreza extrema
A16	Consumo promedio
A17	Razon de dependencia (poblacion entre 14 y 64 años)
A18	Calidad de construcción
A19	Habitabilidad de la vivienda
A20	Sin cañería
A21	Sin baño
A22	Con luz
A23	Sin luz
A24	Superficie (has)
A25	Población (CNPV 2001)
A26	Vulnerabilidad global
A27	Multi amenaza
A28	Riesgo total
A29	Grado de inundación
A30	Grado de sequía
A31	Grado de helada
A32	Riesgo de inundación
A33	Riesgo de sequía
A34	Riesgo de helada

Elaboración propia

C4.5 utiliza el hecho de que cada cualidad de los datos se puede utilizar para tomar una decisión que estructure los datos en subconjuntos más pequeños. Es por esta razón que se examina el aumento de información en la variable seleccionada (diferencia en entropía), lo cual resulta de elegir una cualidad para diferenciar el conjunto de datos. La cualidad con el aumento normalizado más alto de la información es la que se utiliza para tomar la decisión. El algoritmo entonces se repite en las sub-listas más pequeñas.

Se aclara que antes del proceso de datos, para un análisis por segmentos, se toman bases de datos separadas pertenecientes a la zona del altiplano (departamentos de La Paz, Oruro y Potosí), valles (departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija) y llanos (departamentos de Santa Cruz, Beni y Pando).

Gráfico 1: Mapa de grados de vulnerabilidad



Fuente y elaboración: Atlas-OXFAM (2008)

Para mostrar el análisis de la presente investigación, primeramente se muestra el mapa de vulnerabilidades socio-económicas (población, educación, salud, economía, vivienda y servicios básicos), luego la estructura del sistema experto y los resultados estimados, y finalmente las interpretaciones.

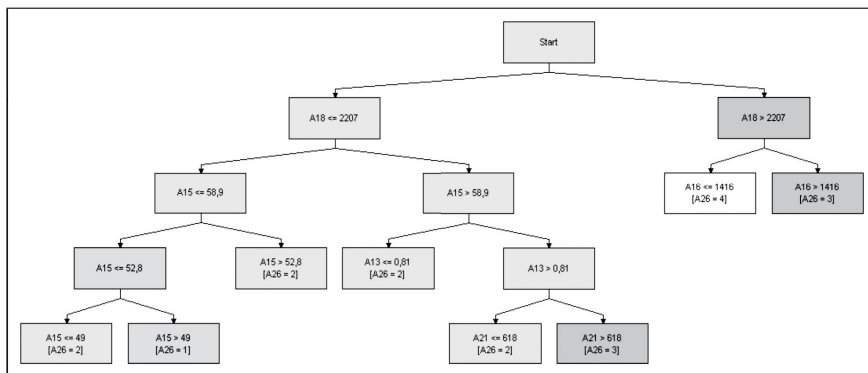
En este orden de ideas, la descripción de la vulnerabilidad económica permite ver que el grado de vulnerabilidad socioeconómica bajo abarca el 7% del total de los municipios de Bolivia, subiendo a un 28.7% los de grado medio. Más de la mitad de los municipios tiene un grado de vulnerabilidad socioeconómica alto (50.8%) y están distribuidos en todos los departamentos, llegando en el caso del departamento de Oruro al 71.4% de sus municipios. Los municipios de grado muy alto, que representan el 13.5%, se ubican en mayor proporción en la zona norte del departamento de Potosí y hacia el oeste del departamento de Cochabamba, representando un 39.5% y 28.9% de los municipios de estos departamentos, respectivamente.

En el contexto del presente documento, los cambios que se consideran afectan al bienestar de la sociedad son dos: i) las vulnerabilidades y ii) las amenazas naturales. Las amenazas

que incurrir en un comportamiento atípico o rompen el patrón son aquéllas que generan desastres. Se aclara que la separación que se realiza entre bienestar y vulnerabilidad es artificial, puesto que las vulnerabilidades se pueden incluir en las variables que explican el bienestar y las amenazas naturales (que se encuentran dentro de la categoría de cambios ambientales) se pueden incluir como el escenario que excitó al sistema de bienestar como variables exógenas. Sin embargo, por su importancia en relación con el concepto de vulnerabilidad, los desastres se han considerado separadamente y en la categoría de cambios en el medio ambiente, donde se incluyen otros cambios que, sin alcanzar la categoría de desastre, afectan a los sistemas humano, económico y ecológico. Todo lo descrito establece por sus características un sistema complejo, el mismo que se analiza a continuación con base en la inteligencia artificial, de manera particular, aplicando los sistemas expertos (SE).

El sistema experto estimado para la zona del Altiplano describe la estructura de la vulnerabilidad¹, según se puede ver en el siguiente gráfico:

Gráfico 2: Sistema experto para vulnerabilidad (zona Altiplano)



Elaboración propia

¹ Vulnerabilidad, según la norma, está referida "... al factor interno del riesgo, de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser afectado". En consecuencia, la vulnerabilidad es un factor interno que afecta al sistema social (interrelación social y actividades), a los grupos humanos (sujetos) o a la infraestructura (objetos). Está relacionada con la disposición intrínseca de estar expuesto a una amenaza y en consecuencia ser propenso a un riesgo de desastre (Cárdenas, 2008).

La vulnerabilidad es resultado de la interacción de factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que acrecientan o reducen la propensión o predisposición al impacto de las amenazas. Habitualmente, se considera como opuesto a vulnerabilidad la noción de "seguridad" o "capacidad"; es decir, la habilidad para proteger a la comunidad y restablecer los medios de vida.

El diagrama del sistema experto muestra que las variables significativas para explicar la vulnerabilidad, explicitando la codificación, son: el déficit de personal calificado en salud por cada 1000 habitantes, la incidencia de la pobreza extrema, el consumo promedio, la calidad de la construcción y la ausencia de servicio sanitario.

Como se puede observar, en el árbol aparecen únicamente cinco variables de las 33 disponibles, lo que indica que 28 de las variables empleadas no aportan información relevante para construir estructuras lógicas de decisión con respecto a la vulnerabilidad y evaluar el grado de la misma. Se debe entender que los valores enteros de 1 a 4 expresan la menor y mayor incidencia respectivamente, quedando como valores de transición los valores 2 y 3 de la variable vulnerabilidad.

El árbol nos proporciona el menor número de atributos necesarios para alcanzar el objetivo deseado, y se interpretara del modo siguiente:

- ♦ Si el número de casas con una aceptable calidad en su construcción es menor que 2207 y la incidencia de la pobreza se encuentra en el intervalo de $[52.8 \ 58.9]$, la vulnerabilidad es de 2.
- ♦ Si tomamos otra rama del árbol, ésta se puede interpretar de la siguiente manera: cuando la vulnerabilidad es de 3, es decir, próxima a la mayor, la pobreza extrema es mayor a 58.9, el déficit de personal calificado por cada 1000 habitantes es mayor al 0.81 y la cantidad de familias sin servicios sanitarios es menor a 618.

De esta manera se van interpretando cada una de las ramas y hojas del árbol de decisión que estructura el sistema experto. La confianza alcanzada por éste es del orden del 76%, lo que se muestra en la matriz de confusión. Cabe aclarar que la confianza es aceptable por tratarse de datos de corte transversal y porque se evalúan los pronósticos como acierto o error, sin dar cabida a una respuesta aproximada.

Cuadro 2
Matriz de confusión

		Actual				Prediction Totals	Prediction Error %
		1	2	3	4		
PREDIC	1	6	0	1	0	7	14,29 %
	2	6	50	6	1	63	20,63 %
	3	1	13	40	13	13	34,43 %
	4	0	0	0	13	13	0,00 %
Actual Totals		13	63	47	21	144	24,31 %
Actual Error %		53,85 %	20,63 %	14,89 %	38,10 %	24,31 %	

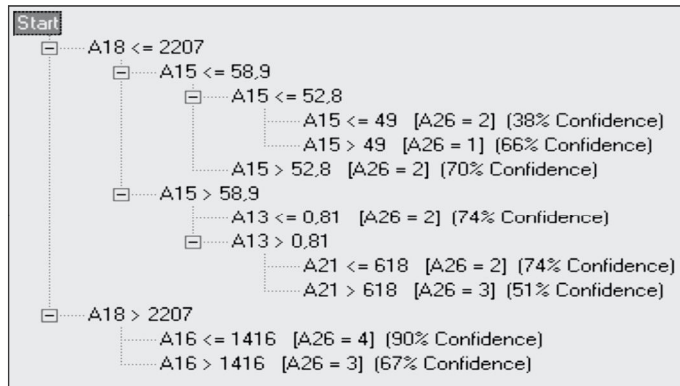
Elaboración propia

La evaluación de este árbol de decisión construido con la muestra de entrenamiento (144 municipios) indica que el árbol consta de 8 ramas y comete un total de 35 errores (24,31%). También se muestra en la matriz de confusión el tipo de errores cometidos. Por último, para comprobar la capacidad predictiva del árbol, se clasifican de acuerdo con éste los 144 municipios de la muestra de validación, obteniendo un porcentaje de clasificaciones correctas del 72,2%.

El nivel de confianza para cada una de las ramas, es decir, el grado de seguridad o certeza con la que se realiza cada una de las inferencias realizadas, se muestra en el siguiente gráfico:

Con base en el sistema experto estructurado, se puede afirmar que las variables que poseen una mayor incidencia en la vulnerabilidad y finalmente en el bienestar son el consumo promedio, la pobreza extrema y posteriormente la población o número de habitantes, es decir que en poblaciones mayores a 2207 habitantes o más y con un consumo menor a los 1416 bolivianos se genera una vulnerabilidad de 4, la mayor vulnerabilidad en la escala.

Gráfico 3: Análisis de confianza del sistema experto



Elaboración propia

Esta y otras afirmaciones asociadas a la toma de decisiones se pueden simular mediante el sistema experto, cuyo interfaz de entrada de datos y salida de información se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 4: Interfaz del sistema experto

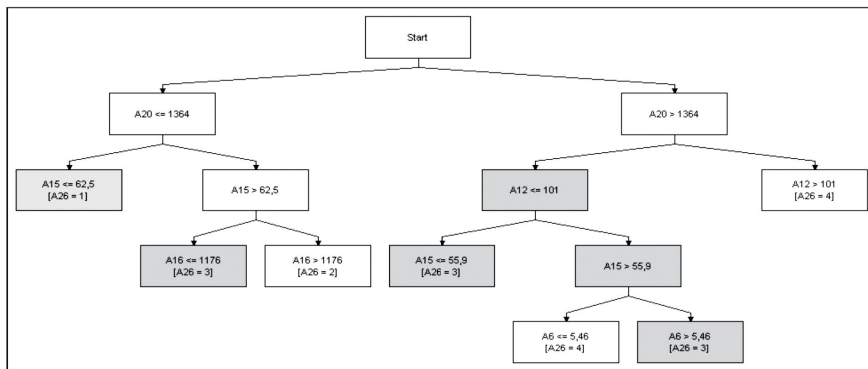
Prediction		Confidence Factor
A26 is 3		67%
Field Name	Value	Range
A2	La Paz	
A4	70371	(221 - 793293)
A9	83	(0 - 142)
A12	76	(50 - 170)
A13	0,40	(0 - 4)
A15	61,9	(16 - 97)
A16	1896	(684 - 5220)
A18	6842	(22 - 20217)
A19	3009	(3 - 21299)
A21	13331	(77 - 60599)

Fuente: CorMac Technologies

Mediante el sistema se ingresan, por ejemplo, una reducción del 0.9 al 0.83 en tasas del déficit de personal calificado en salud por cada 1000 habitantes. Entonces se muestra en la parte superior si este cambio es significativo para incrementar o generar un decremento en el valor asociado a la vulnerabilidad. De esta manera se pueden determinar los mejores niveles de las variables socioeconómicas que minimicen la vulnerabilidad y maximicen el bienestar.

A continuación se muestran los sistemas expertos para valles y llanos referentes a la vulnerabilidad. De los anteriores sistemas expertos se puede mencionar que en la zona de los Valles las variables explicativas de la vulnerabilidad son la falta de alcantarillado, la incidencia de la pobreza extrema, la tasa de mortalidad infantil de menores de un año, el consumo *per cápita*, la falta de servicios sanitarios en los hogares y la población adulto mayor.

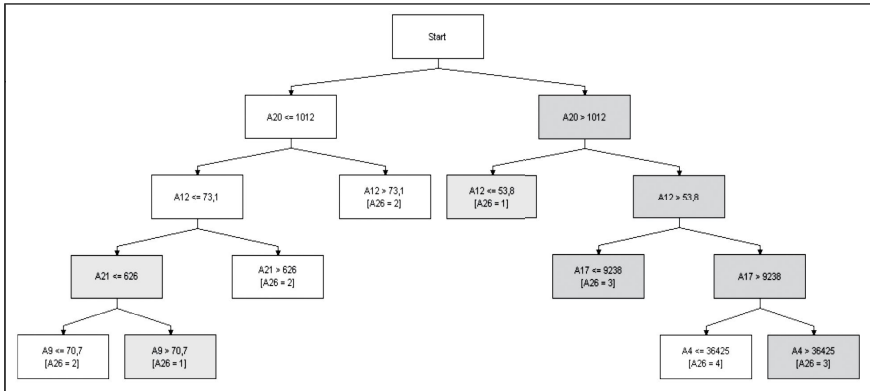
Gráfico 5: Sistema experto para vulnerabilidades en la zona de los valles



Elaboración propia

En la zona de los Llanos las variables significativas son: falta de alcantarillado, tasa de mortalidad infantil de menores de un año, falta de servicio sanitario en el hogar, razón de dependencia de la población entre los 14 y 64 años, cobertura de educación y población del municipio.

Gráfico 6: Sistema experto para vulnerabilidades en la zona de los llanos



Elaboración propia

Cabe entonces destacar que la variable más importante a nivel nacional es el de servicio sanitario en los hogares, siendo particular a los valles y llanos la falta de alcantarillado, la mortalidad infantil, las variables del consumo *per cápita* y la incidencia de la extrema pobreza en la Zona del Altiplano y los Valles. Esto se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3
Identificación de vulnerabilidades a nivel nacional

Variabede vulnerabilidad	Zona del Altiplano	Zona de Los valles	Zona de los llanos
Falta de alcantarillado,		x	x
Tasa de mortalidad infantil menores de un año,		x	x
Falta de servicio sanitario en el hogar,	x	x	x
Razón de dependencia de la población entre los 14 y 64 años,			x
Cobertura de educación			x
Población del municipio.			x
Población adulto mayor.		x	
Consumo per cápita,	x	x	
Incidencia de pobreza extrema,	x	x	
Calidad de la construcción	x		
Déficit de personal calificado en salud por cada 1000 habitantes	x		

Elaboración propia

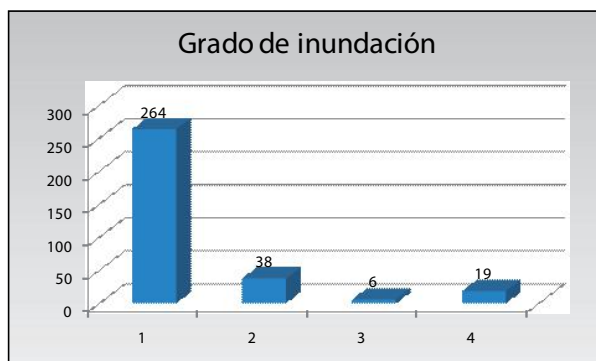
Las variables que agudizan la vulnerabilidad son: en la zona del Altiplano, la calidad de la construcción y el déficit de personal calificado en salud; en la zona de los valles, la población

adulto mayor; y en la zona de los llanos, la cobertura en educación, la razón de dependencia y la población en los municipios. Estas variables y su incidencia en la vulnerabilidad en territorio boliviano deben tomarse en cuenta en cada región, departamento o municipio para la presentación de políticas económicas y públicas con la finalidad de incrementar el bienestar económico y social.

Se construyen a continuación sistemas expertos para cada una de las amenazas climáticas² expresadas como el grado de inundación, grado de sequía y grado de helada, tomando en cuenta su incidencia en el consumo, la educación, la tasa de mortalidad y la habitabilidad de las viviendas, para las diferentes regiones de Bolivia.

En el siguiente gráfico se muestra que aproximadamente 264 municipios se encuentran en un grado de inundación 1, lo que expresa que el país tiene un bajo grado de inundación; empero, diecinueve municipios poseen un alto grado de amenaza, los mismos que se encuentran principalmente en el departamento del Beni.

Gráfico 7: Número de municipios por grado de amenaza de inundación



Elaboración propia

² Amenaza es definida como "... el factor externo del riesgo representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas". La amenaza, un factor del riesgo, compromete la seguridad de las personas y su medio (asentamientos humanos, infraestructura y unidades productivas).

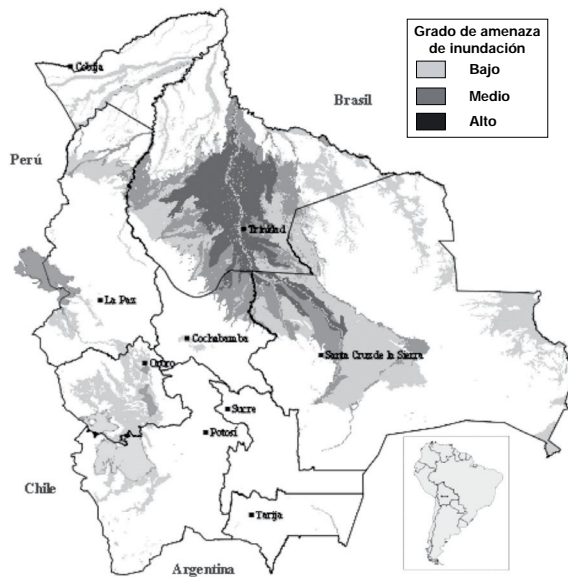
La amenaza es un factor físico externo (a la sociedad, a la comunidad, a la familia y sus interacciones sociales), y su ocurrencia es potencialmente peligrosa. Tiene dos fuentes principales: natural (fenómeno natural) o antrópica (actividad humana); si se considera que la ocurrencia de algunos fenómenos potencialmente peligrosos combina la actividad humana y los fenómenos naturales, debe incluirse la fuente socio-natural (Cárdenas, 2008).

Las amenazas naturales son generadas por las manifestaciones periódicas y circunstanciales de la naturaleza; las antropogénicas están asociadas a las acciones humanas; y en las siconaturales confluyen las prácticas humanas con el ambiente natural.

En el siguiente gráfico se aprecia que en las zonas del Altiplano y de los valles se tiene un grado bajo de amenaza de inundación, y que la zona del Oriente es la más afectada por este fenómeno.

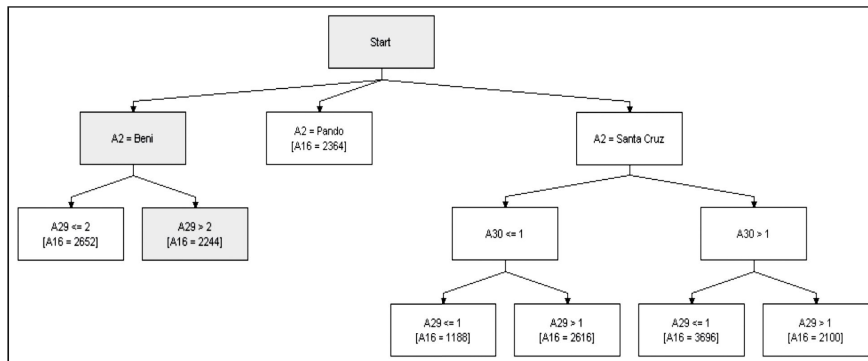
En lo que respecta a la zona de los llanos, se demuestra que existe una mayor incidencia de las inundaciones en los patrones de consumo, de manera particular en los departamentos de Santa Cruz y Beni. Por otro lado, en el departamento de Santa Cruz las sequías tienen un componente importante en las amenazas identificadas.

Gráfico 8: Mapa de amenaza de inundación



Fuente y elaboración: Atlas-OXFAM 2008

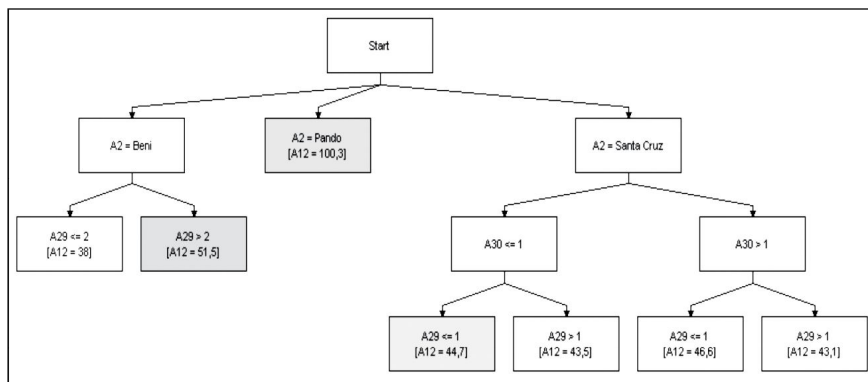
Gráfico 9: Sistema experto de amenazas y consumo (zona de los llanos)



Elaboración propia

Con respecto a la mortalidad en la zona de los llanos, se muestra que a niveles de 1 y 2 se tiene un nivel de 38, y a grados 3 y 4 en amenaza de inundación se tiene una mortalidad promedio de 51,5 por cada mil habitantes. Por otro lado, en Santa Cruz se tiene un rango en mortalidad de entre 43.1 y 46.6 en zonas que son afectadas por sequías o inundaciones.

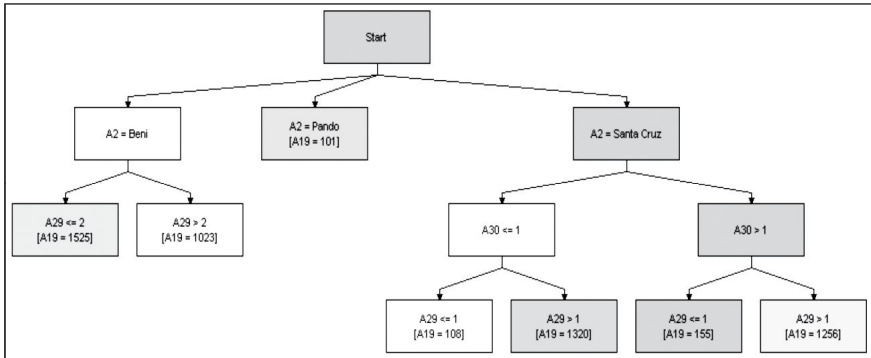
Gráfico 10: Sistema experto de amenazas y tasa de mortalidad (zona de los llanos)



Elaboración propia

Con respecto a la habitabilidad de las viviendas, se muestra que en Beni, a mayor grado de amenaza se reduce la habitabilidad; en cambio, en Santa Cruz se muestra una relación inversa, debido a que el sistema experto toma en cuenta la variable sequía. Esto último se debe a que la ocurrencia de eventos adversos, como las inundaciones, provoca que las personas pierdan sus casas y tiendan a hacinarse.

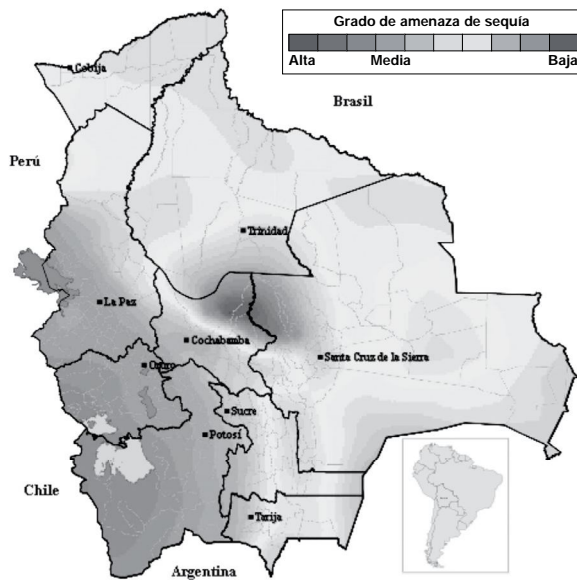
Gráfico 11: Amenazas y habitabilidad de la vivienda



Elaboración propia

En lo que respecta a la sequía, la región más afectada es la zona del Altiplano y parte de la zona de los valles, con una frecuencia expresada en 204 municipios con un grado alto de amenaza, como se muestra en el siguiente gráfico.

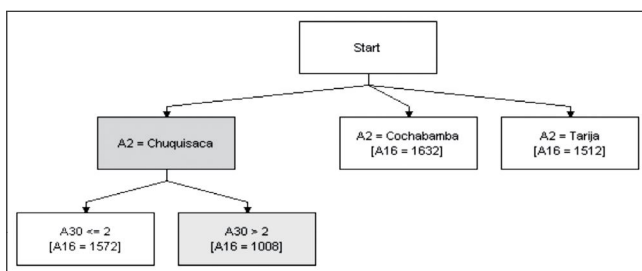
Gráfico 12: Mapa de grado de sequía



Fuente y elaboración: Atlas-OXFAM 2008

Siempre analizando con base en el sistema experto, en la zona de los valles se muestra una relación determinante entre las sequías y el consumo. A nivel departamental se aprecia que Chuquisaca posee las amenazas por inundaciones en relación inversa con el consumo promedio, mientras que en los departamentos de Cochabamba y Tarija no se reconocen patrones. El decremento de consumo *per cápita* de los municipios pertenecientes al departamento de Chuquisaca es de 564 bolivianos por unidad de amenaza de inundación.

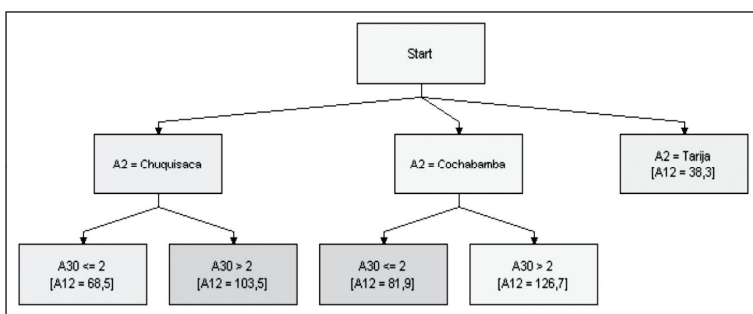
Gráfico 13: Sistema experto para consumo



Elaboración propia

La mortalidad infantil muestra un patrón directamente proporcional en Chuquisaca y en Cochabamba; empero, se tiene una mayor sensibilidad a la variación de amenaza en Cochabamba, la misma que es de 35 con respecto a 45 fallecidos promedio en Chuquisaca.

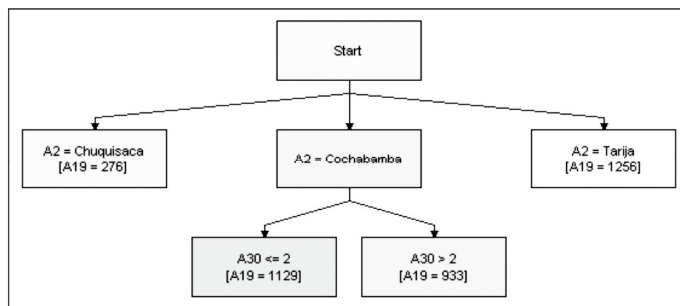
Gráfico 14: Sistema experto para tasa de mortalidad



Elaboración propia

Con respecto a la habitabilidad en la zona de los valles, se identifica un patrón importante perteneciente a Cochabamba. Éste muestra que, a una mayor amenaza de sequía, la habitabilidad en los municipios disminuye.

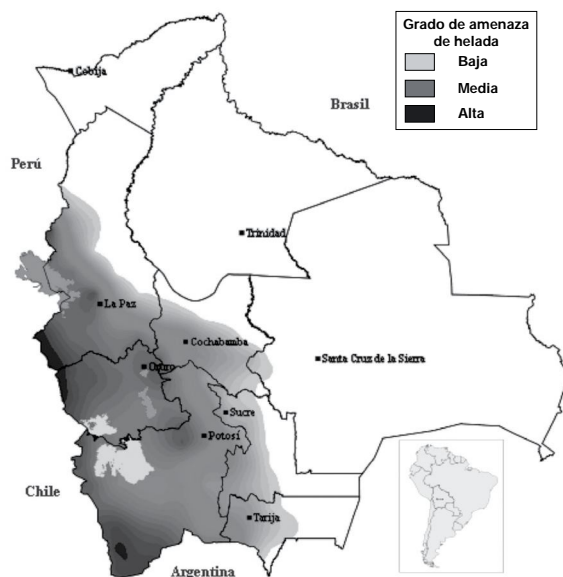
Gráfico 15: Sistema experto para habitabilidad de la vivienda



Elaboración propia

Las heladas, como se puede apreciar en el mapa, afectan en mayor medida a la zona del Altiplano, seguida de la zona de los valles (65 y 35%, respectivamente), lo que muestra un mayor número de municipios afectados en la zona del Altiplano.

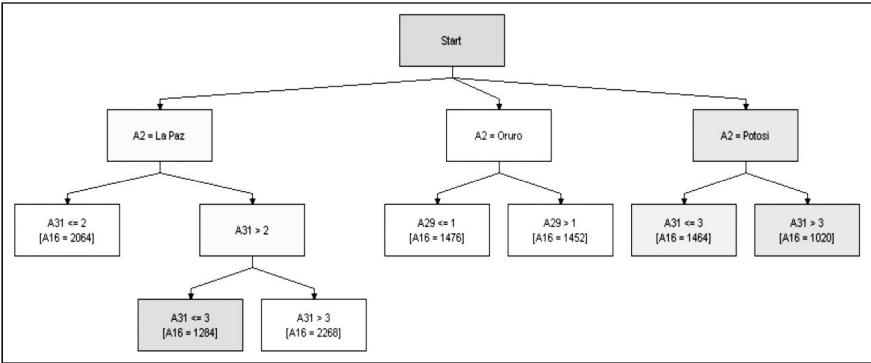
Gráfico 16: Mapa de grado de sequía



Fuente y elaboración: Atlas-OXFAM 2008

En la zona del Altiplano, con base en la información arrojada en el proceso de datos, se puede interpretar que la helada es una variable determinante para explicar el consumo de las personas. En el departamento de La Paz, si el grado de amenaza es menor o igual que 2, el consumo tiene un promedio de 2064 bolivianos, y si el grado de amenaza se incrementa, el consumo es superior. Este mismo patrón se repite en el departamento de Potosí. Se puede apreciar también que el mayor riesgo de helada se registra en Potosí, y que ligado a esto se encuentra un promedio de consumo inferior a los otros dos departamentos. Es decir que en el departamento de Potosí el consumo se ve determinado por las heladas, porque éstas afectan en alto grado la productividad agrícola de la región.

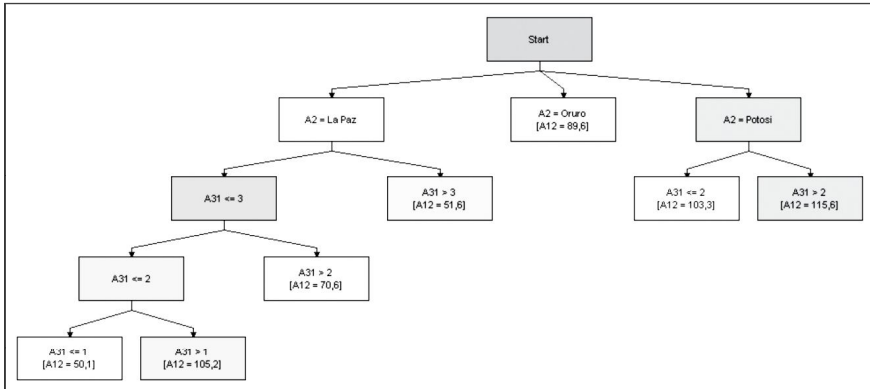
Gráfico 17: Sistema experto para cuantificar el impacto del grado de las amenazas en el consumo de las personas (zona del Altiplano)



Elaboración propia

Con respecto a la variable de mortalidad, ésta registra un máximo en el departamento de La Paz, el mismo que corresponde a un grado de amenaza 2. La variable mortalidad registra un valor máximo de 105, a lo cual se suma una variabilidad mayor tomando en cuenta un mínimo de 50. En Oruro no se registra un patrón, y en Potosí, a un mayor nivel de amenaza por helada, se incrementa el promedio de 103 a 115 fallecidos por cada mil habitantes. Estos resultados se logran cuando tiene lugar un evento adverso.

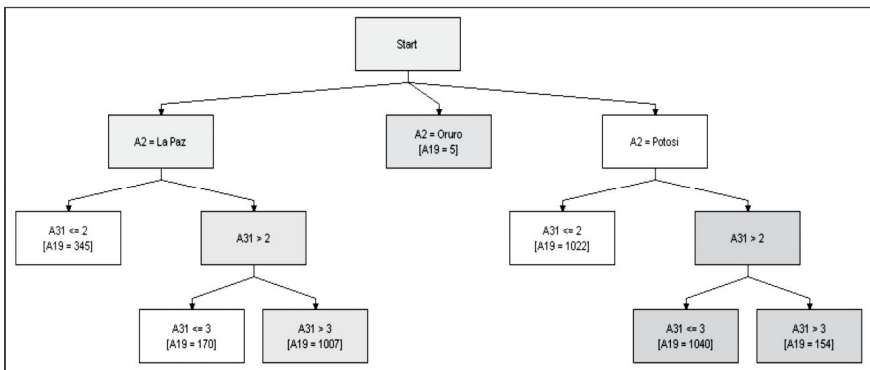
Gráfico 18: Sistema experto para cuantificar el impacto del grado de las amenazas en la mortalidad (zona del Altiplano)



Elaboración propia

La habitabilidad se define como la relación porcentual de las viviendas cuya calidad de habitabilidad es baja respecto del total de viviendas. La calidad de habitabilidad baja de las viviendas, dados los resultados obtenidos, es determinada por tres factores: hacinamiento por dormitorio (más de tres habitantes por cada dormitorio con que cuenta la vivienda), hacinamiento por habitación (más de seis personas por habitación) y carencia de una dependencia exclusiva para cocinar.

Gráfico 19: Sistema experto para cuantificar el impacto del grado de las amenazas en la habitabilidad (zona del Altiplano)



Elaboración propia

Según el sistema experto, el promedio de habitabilidad muestra un mínimo cuando se tiene un grado de amenaza 3, se incrementa a 1007 si la amenaza es 4, y se mantiene en 345 si la amenaza toma los valores de 1 y 2. Por otro lado, en Potosí, a mayor amenaza se reduce el número de viviendas con calidad de habitabilidad baja.

6. Conclusiones

Como conclusión inicial se debe mencionar que el presente trabajo muestra información que coadyuva al fortalecimiento de las capacidades de preparación y respuesta de las instituciones nacionales, regionales y locales de Bolivia mediante la gestión de metodologías de recopilación, sistematización, procesamiento, análisis de información y apoyo a la toma de decisiones relacionada a las amenazas prevalentes y las vulnerabilidades crecientes con respecto al logro de incremento del bienestar. Muestra que existen relaciones significativas entre las amenazas y algunas variables del bienestar, por lo que permite cuantificar en qué rangos se encuentra la variable de bienestar en función de los indicadores de amenazas o vulnerabilidades.

Con base en las anteriores conclusiones se puede afirmar que:

- Se asiste a la toma de decisiones y la planificación en el contexto político-administrativo, físico-natural, sociocultural, institucional y económico-productivo de Bolivia.
- El enfoque teórico constituye el pilar fundamental de la elaboración del documento en el cual se realiza un análisis la realidad.
- Los criterios metodológicos, técnicos y operativos que orientan la modelación y el análisis del escenario de riesgo y bienestar ayudan al desarrollo de sistemas expertos. Éstos nos permiten simular y analizar de mejor manera las posibles soluciones y/o decisiones que se puedan proponer.

Con respecto a la gestión del riesgo, se concluye que el presente trabajo apoya al proceso de adopción de políticas, estrategias y prácticas orientadas a reducir el riesgo o minimizar sus efectos. Esto implica intervenciones en los procesos de planificación para el desarrollo y la implementación de estrategias orientadas a reducir las causas que generan condiciones de vulnerabilidad en las unidades sociales y sus medios de vida.

Se demuestra básicamente que existe una relación entre vulnerabilidades y amenazas ambientales, y bienestar, lo que se describe al interior del documento.

Desde la perspectiva técnica se concluye que:

- El tipo de sistemas expertos utilizados para el modelado supera a las técnicas tradicionales, en el sentido de que tiene un carácter estrictamente no paramétrico, lo que es importante teniendo en cuenta que la información que se maneja en la construcción realizada pertenece a variables cualitativas y cuantitativas.
- Los sistemas expertos planteados difieren de las técnicas tradicionales en que no se requiere de la intervención de un experto humano para la inferencia de las reglas clasificadoras. Como resultado, éstas son mucho más objetivas porque tienen soporte en datos reales contenidos en una base de datos.
- Frente a las redes neuronales, el sistema experto posee la ventaja de que no es un sistema conformado por una caja negra, lo que permite valorar la importancia relativa de cada una de las variables explicativas, mostrando la estructura interior. Esta última muestra la forma lógica de obtener los patrones inmersos dentro de los datos.

Artículo recibido en: marzo de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: agosto de 2011

Referencias

1. Abadía, José. (2010). Sistema experto para la bolsa de valores. Universidad del Valle Colombia.
2. Albuquerque de Castro, Rafael. (2007). El estado de bienestar. Cambio de paradigmas. Los derechos sociales. Vicepresidencia de la República Dominicana Bogotá.
3. Cárdenas, Miguel; Choquevillca, P.; Saavedra, J.P.; Torrico, G. y Espinoza, J. (2008). Construcción de mapas de riesgo. Comisión Europea, Fundepco, Oxfam, Bolivia.
4. Cardona, Omar. (2003). Indicadores para la gestión de riesgos. Banco Interamericano de Desarrollo-Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
5. Castillo, Enrique; Gutiérrez, J.M. y Hadi, A. (2000). Sistemas expertos y modelos de redes probabilísticas
6. Chavarro, Andrés. (2002). Economía ambiental y economía ecológica. *Journal Ideas Ambientales*, N° 2.
7. Cohen, William. (2005). Fast Effective Rule Induction. AT&T Bell Laboratories.
8. Duarte, Tito. (2007). Aproximación a la teoría del bienestar. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
9. FAN–Bolivia. (2009). Implementation and Validation of a Regional Climate Model for Bolivia, Bolivia
10. García, Andrea. (2008). Amenazas, riesgos, vulnerabilidades y adaptación frente al cambio climático. Naciones Unidas-Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
11. Gómez, Javier. (2001). Vulnerabilidad y medio ambiente. Naciones Unidas–CELADE. Chile.
12. INDH. (2004). Índice de desarrollo humano en los municipios. Informe Nacional de Desarrollo Humano, Bolivia.

13. Instituto Nacional de Estadística, INE. (2010). Anuario 2010.
14. Menger, Carl. (2001). Economía y bienestar económico. Barcelona: Ediciones Orbis.
15. Muguerza, Javier. (2006). Construcción de un árbol de clasificación basado en múltiples submuestras sin renunciar a la explicación. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco, Donostia.
16. Quintana, Michel. (2004). Modelos híbridos para los procesos de Data Mining en el apoyo a la toma de decisiones basados en tecnologías inteligentes conexionistas. Universidad Nacional de San Agustín, Perú.
17. Quiroga, Roger; Torrico, G.; Salamanca, L. A.; Quiroga, R. y Espinoza, J. C.(2010). Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia. Oxfam, Fundepco, VIDEVICODI, Bolivia.
18. Saulnier, Galán. (2000). Aplicaciones de inteligencia artificial y sistemas expertos a la arqueología del conocimiento. Aplicación a la economía. Universidad Autónoma de Madrid, España.
19. Trincado, Estrella. (2008). Economía del desarrollo y economía del bienestar. Universidad Complutense de Madrid.
20. Zucchetti, Anna; Ramos, V.; Alegre, M.; Aguilar, Z.; Arroyo, R. y Tribut, E. (2008). Guía metodológica para el ordenamiento territorial y la gestión de riesgos. PNUD-UN-Habitat, Perú.

Anexo

Estimación de un sistema de ecuaciones para el análisis de las relaciones entre bienestar, vulnerabilidades y amenazas

En la presente investigación se presentan los modelos de ecuaciones estructurales, una técnica de análisis estadístico multivariante utilizada para contrastar modelos que proponen relaciones causales entre las variables que conforman el bienestar, las vulnerabilidades y las amenazas. A continuación se discute la estructura general que tiene un modelo, los tipos de variables que se pueden utilizar en ellos y su representación mediante diagramas estructurales. Construido y diagnosticado el sistema de ecuaciones del modelo y estimados los parámetros, se discute el concepto de causalidad, para entender su utilización en un contexto de política económica, social y finalmente la toma de decisiones.

El calentamiento global se expresa en el corto plazo en la variabilidad climática, la misma que se muestra en los cambios atmosféricos y comportamientos climáticos que las sociedades perciben en el cotidiano vivir.

El riesgo se va configurando a lo largo del tiempo, por una interacción entre los procesos que generan condiciones de vulnerabilidad acentuados por las amenazas naturales. Estas amenazas cambian por la existencia de variabilidad climática, alterando sus patrones de comportamiento. Al mismo tiempo, en el largo plazo la variabilidad climática es afectada por el calentamiento global. Entonces se puede inferir que el cambio climático, por un lado, aumenta las amenazas de origen meteorológico y climático y, por otro, incide negativamente en la resiliencia de muchos hogares y comunidades, las cuales ven afectado su bienestar por las pérdidas sufridas.

Por lo tanto, el cambio climático supone un factor global y muy importante de riesgo, que en realidad se genera gracias a una construcción social (asentamientos inadecuados, mala planificación urbana, etc.). Este cambio climático actuará como inyector de potencia para la relación entre riesgo y vulnerabilidad, aumentando de manera drástica el impacto de los desastres en las personas.

Para reducir los riesgos, los gobiernos, y en particular el de Bolivia, deben ser sensibles a las necesidades de las personas expuestas a los desastres naturales y además deben ser capaces de

tomar las decisiones de manera oportuna, equitativa y estratégicamente coherente en materia de toma de decisiones y planteamiento de políticas.

Es por las razones expresadas que el presente trabajo se orienta a identificar y cuantificar las variables correspondientes al bienestar de las personas, y a las vulnerabilidades y amenazas ambientales. De esta manera se busca cuantificar e interpretar las relaciones existentes entre las diferentes variables para apoyar a la toma de decisiones y estructuración de políticas.

Para lograr el objetivo planteado se hace uso de los modelos SEM (Structural Equation Modeling), también llamados modelos de “Análisis de la Estructura de Covarianzas”, los mismos que consisten en una técnica confirmatoria que trata principalmente de comprobar si un cierto modelo empírico es válido estadísticamente. El análisis factorial, la regresión y el “*pathanalysis*” pueden considerarse como casos particulares de esta técnica.

El primero de los conceptos relacionados con SEM que se aplica es lo que se conoce como variable latente, constructo o factor. Así, en la presente investigación se tienen por un lado variables medibles, observables y variables latentes o no observables. Además, según el papel que jueguen los factores o variables no observables en el modelo se tienen factores endógenos y exógenos.

Modelos de ecuaciones estructurales

Los Modelos de Ecuaciones Estructurales (en inglés SEM) pertenecen a la clase de los Modelos de la Estructura de Covarianza (CSM), que es una técnica general estadística que incluye un gran número de conocidas técnicas utilizadas en el análisis multivariado, como ser el análisis factorial exploratorio, el análisis factorial confirmatorio, el análisis de senderos “path” y la regresión múltiple, entre otras.

El análisis factorial, como parte del SEM, trata principalmente de encontrar factores explicativos. Es decir, con los campos que conforman una tabla de datos y las relaciones entre las tablas, se estructuran un conjunto de potenciales relaciones entre los campos, también denominados variables, para luego estadísticamente mostrar si existe un conjunto de relaciones significativas.

Existen dos enfoques para estudiar el análisis factorial: el enfoque exploratorio y el enfoque confirmatorio. El enfoque exploratorio no tiene restricciones en cuanto a normalidad,

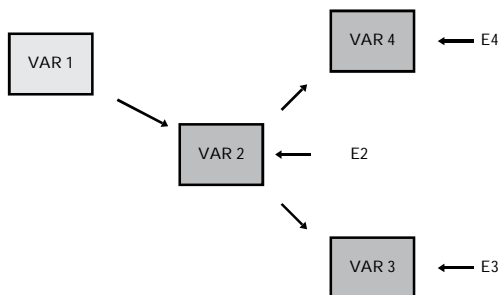
homocedasticidad o linealidad entre las variables; de hecho, algunas veces la multicolinealidad favorece los resultados, ya que se agrupa variables en función de su correlación. Para la estimación usa el análisis de componentes principales. La perspectiva confirmatoria, sin embargo, permite aplicar máxima verosimilitud y se propone como una manera óptima de validar el análisis factorial confirmatorio.

El análisis exploratorio no tiene en cuenta los errores de medida de las variables. Normalmente el análisis de componentes principales considera la varianza total y estima los factores que contienen proporciones bajas de varianza única. El análisis confirmatorio, a parte de las cargas factoriales, que también son una salida del exploratorio, nos provee los valores de la estimación de los errores de medida y la bondad de ajuste del modelo.

Dos son las principales ventajas de usar SEM. La primera de ellas es que permite tener en cuenta los errores de medida de las variables. Es decir, al trabajar con variables latentes, como es el caso de la sociología, SEM permite considerar que existe un error de medida en las variables observadas y tiene ese error en cuenta al hacer la estimación.

Otra de las grandes ventajas de SEM es que se puede explicar más de una variable a la vez, es decir, mientras que en regresión múltiple y regresión simple sólo teníamos una variable dependiente, con SEM podemos tener más de una variable dependiente y variables mediadoras. Esto significa que si VAR1 influye a VAR2 y VAR3, a su vez tiene un efecto sobre VAR3; SEM nos permite estimar ambos efectos a la vez, algo que no era posible con la regresión. Además VAR2 puede influir a su vez en VAR4 y estimar todos los parámetros del modelo de manera simultánea.

Gráfico 1: Estructura del "Pathanalysis"



El anterior gráfico muestra cómo se representan las relaciones entre las variables propuestas y los errores. El modelo general de ecuaciones estructurales debe ser composición de un modelo de medida y de un modelo estructural.

De manera formal, el modelo estructural o “*innermodel*” se presenta como sigue:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \varsigma$$

donde:

η representa al vector de variables aleatorias latentes endógenas de dimensión $m \times 1$.

ξ representa al vector de variables aleatorias latentes exógenas de dimensión $n \times 1$.

B representa la matriz de coeficientes que rigen las relaciones entre las variables endógenas $m \times m$.

Γ representa la matriz de coeficientes que rigen las relaciones exógenas y cada una de las endógenas, o, dicho de otro modo, los efectos de ξ sobre η . Su dimensión es $m \times n$.

ς representa al vector de perturbaciones o errores.

En este modelo hemos definido como variable latente exógena toda aquella que afecta a otra variable latente y que por el contrario no es afectada por alguna otra. Así, una variable latente endógena será aquella que sea afectada por otra independiente que afecte o no a otra.

El modelo de medida o “*outermodel*” se rige por dos ecuaciones. Una que mide las relaciones entre las variables latentes endógenas y sus variables observables:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon$$

donde:

y es el vector de p variables observables ($p \times 1$)

Λ_y es la matriz de coeficientes que muestran las relaciones entre las variables latentes y las observadas ($p \times m$) (también llamada matriz de cargas).

ε es el vector de errores ($p \times 1$).

La segunda ecuación del modelo de medida es la que rige las relaciones entre las variables latentes exógenas y sus variables observables:

$$x = \Lambda_x \eta + \delta$$

donde:

x es el vector de p variables observables ($qx1$)

Λ_x es la matriz de coeficientes que muestran las relaciones entre las variables latentes y las observadas (qxm) (también llamada matriz de cargas).

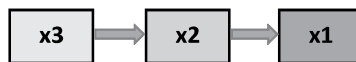
δ es el vector de errores ($qx1$).

En general, podemos decir que la relación causal entre dos variables implica que ambas variables covarían, permaneciendo constantes el resto de las variables. Pero lo contrario no es cierto: la covariación entre dos variables no implica necesariamente que exista una relación causal entre ambas; la relación puede ser espuria, falsa, ficticia.

Modelos y las relaciones causales directa e indirecta

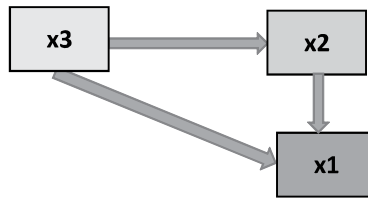
Hasta ahora sólo hemos mencionado relaciones causales directas. Una relación causal indirecta implica la presencia de tres variables. Existe una relación indirecta entre dos variables cuando una tercera variable modula o mediatiza el efecto entre ambas. Es decir, cuando el efecto entre la primera y la segunda pasa a través de la tercera. A las variables que median en una relación indirecta se las denomina también variables moduladoras.

Consideremos la relación entre la x_1 , x_2 y la x_3 . Si teóricamente se define que x_1 está en función de x_2 y esta última de x_3 , la relación puede representarse gráficamente como:



El modelo del gráfico propone que existe un efecto directo de la variable x_3 sobre la x_2 y de la x_2 sobre la x_1 . Además, existe un efecto indirecto entre la x_3 y la x_1 . El efecto indirecto de la variable x_3 sobre la x_1 puede ser potenciado (o atenuado) por la variable moduladora x_2 .

La existencia de un efecto indirecto entre dos variables no anula la posibilidad de que también exista un efecto directo entre ellas. Así, las relaciones propuestas en el siguiente gráfico pueden hacerse más complejas.



Relación causal recíproca

La relación causal entre dos variables puede ser recíproca o unidireccional. Cuando la relación es recíproca (bidireccional), la variable causa es a su vez efecto de la otra. Este tipo de relaciones se representa como dos flechas separadas orientadas en sentidos contrarios. Una relación recíproca es en definitiva un bucle de retroalimentación entre dos variables. La relación causal recíproca puede ser directa o indirecta, implicando a otras variables antes de cerrarse el bucle.

La relación entre la x_1 y la x_2 puede representarse como un bucle recíproco: cuanto mayor es x_1 , menor o mayor es x_2 ; o cuanto menor es x_1 , menor o mayor es x_2 .



Efectos totales

El efecto total se refiere a los efectos no analizados. En la representación gráfica son las flechas que podrían estar representadas y que no lo están. Estas ausencias pueden obedecer a dos motivos: primero, puede ocurrir que se hayan dejado fuera del modelo variables importantes para explicar la covariación presente en los datos (error de especificación); y segundo, puede ser que se haya asumido que el resto de las variables no consideradas en el modelo se compensan entre sí, incorporándose su efecto en los términos de error del modelo. A la suma de los efectos espurios más los efectos no analizados se denomina efectos no causales.

Marco metodológico

La estimación de un modelo comienza con la formulación de la teoría que lo sustenta. Dicha teoría debe estar formulada de manera que se pueda poner a prueba con datos reales. En concreto, debe contener las variables que se consideran importantes y que deben medirse a los sujetos.

El modelo teórico debe especificar las relaciones que se espera encontrar entre las variables (correlaciones, efectos directos, efectos indirectos, bucles). Si una variable no es directamente observable, deben mencionarse los indicadores que permiten medirla. Lo normal es formular el modelo en formato gráfico; a partir de ahí es fácil identificar las ecuaciones y los parámetros.

Una vez formulado el modelo, cada parámetro debe estar correctamente identificado y ser derivable de la información contenida en la matriz de varianzas-covarianzas. Existen estrategias para conseguir que todos los parámetros estén identificados, como por ejemplo, utilizar al menos tres indicadores por variable latente e igualar la métrica de cada variable latente con uno de sus indicadores (esto se consigue fijando arbitrariamente al valor 1 el peso de uno de los indicadores). Aun así, puede suceder que el modelo no esté completamente identificado, lo que querrá decir que se está intentando estimar más parámetros que el número de piezas de información contenidas en la matriz de varianzas-covarianzas. En ese caso habrá que imponer más restricciones al modelo (fijando el valor de algún parámetro) y volver a formularlo.

Por otra parte, una vez seleccionadas las variables que formarán parte del modelo, hay que decidir cómo se medirán las variables observables. Estas mediciones (generalmente obtenidas mediante escalas o cuestionarios) permitirán obtener las varianzas y las covarianzas en las que se basa la estimación de los parámetros de un modelo correctamente formulado e identificado (asumimos que estamos trabajando con una muestra representativa de la población que se desea estudiar y de tamaño suficientemente grande).

Una vez estimados los parámetros del modelo se procede, en primer lugar, a valorar su ajuste. Si las estimaciones obtenidas no reproducen correctamente los datos observados, habrá que rechazar el modelo y con ello la teoría que lo soportaba, pudiendo pasar a corregir el modelo haciendo supuestos teóricos adicionales.

En segundo lugar se procede a hacer una valoración técnica de los valores estimados para los parámetros: su magnitud debe ser la adecuada, los efectos deben ser significativamente distintos de cero, no deben obtenerse estimaciones impropias (como varianzas negativas), etc.

Puede ocurrir que alguna de las estimaciones tenga un valor próximo a cero; cuando ocurre esto es recomendable simplificar el modelo eliminando el correspondiente efecto. Por último, el modelo debe interpretarse en todas sus partes. Si el modelo ha sido aceptado como una buena explicación de los datos, será interesante validarlo con otras muestras y, muy posiblemente, utilizarlo como explicación de teorías de mayor complejidad que se desee contrastar. El proceso expuesto se resume en el gráfico 6.

Tipos de relaciones

En las técnicas multivariantes estamos acostumbrados a estudiar la relación simultánea de diversas variables entre sí. En estas técnicas las relaciones entre variables dependientes e independientes son todas del mismo nivel o del mismo tipo. En un modelo de ecuaciones estructurales podemos distinguir distintos tipos de relaciones. Entender estos distintos tipos de relaciones puede ser de gran ayuda a la hora de formular los modelos a partir de las verbalizaciones en lenguaje común. A continuación vamos a discutir estos tipos de relaciones.

Covariación vs causalidad

Decimos que dos fenómenos covarían, o que están correlacionados, cuando al observar una mayor cantidad de uno de los fenómenos también se observa una mayor cantidad del otro (o menor, si la relación es negativa). De igual forma, a niveles bajos del primer fenómeno se asocian niveles bajos del segundo. Así, por ejemplo, cuando decimos que la aptitud y el rendimiento correlacionan entre sí, esperamos que los sujetos con un mayor nivel de aptitud manifiesten un mejor rendimiento, y viceversa. Sin embargo, ya hemos enfatizado que covariación y causalidad no son la misma cosa. Cuando se observa una alta relación (covariación) entre dos variables, no debemos interpretarla como una relación causal entre ambas. Pueden existir otras variables que no hemos observado y que potencien o atenúen esta relación. Por ejemplo, es posible que la motivación y el rendimiento estén relacionados y que esa relación esté condicionando la relación de la aptitud con el rendimiento (potenciándola o atenuándola). Un ejemplo tal vez más claro es el propuesto por Saris. Si recolectamos datos sobre el número de vehículos y el número de aparatos telefónicos en distintas poblaciones, es seguro que encontraremos una covariación entre ambas variables. Pero no por ello pensamos que un mayor número de vehículos es el causante de que haya un mayor número de aparatos telefónicos.

Otro nivel de análisis es la causalidad. Si recogemos información sobre el número de fumadores en una habitación y la cantidad de humo existente en la habitación, observaremos que existe una alta covariación entre ambas variables. Parece razonable dar un paso más en la interpretación de este resultado y argumentar, conceptualmente, que la cantidad de fumadores causa la cantidad de humo y que los cambios en la cantidad de fumadores causarán un cambio en la cantidad de humo.

El cambio de perspectiva desde la covariación observada a la causalidad atribuida a dos variables lo lleva a cabo el investigador, que es quien hipotetiza la causalidad. Es una buena costumbre que las verbalizaciones, o enunciados, sean explícitos respecto al tipo de relación que deseamos probar entre dos variables.

Análisis empírico

La utilidad de los modelos de ecuaciones estructurales radica en la aportación de una visión sistémica de los aspectos del fenómeno estudiado, en contraposición a otro tipo de herramientas estadísticas que se centran en el análisis individual de cada factor. Asimismo, reducen la cantidad de información que debe ser analizada, ya que su fundamento es agrupar las relaciones entre un gran número de variables en unos pocos factores, poniendo de relieve los aspectos esenciales del fenómeno. En el caso del estudio de constructos o variables no medibles directamente, estos modelos tienen la ventaja de carecer del error de medición, pero el inconveniente es que el investigador debe proceder a la explicación objetiva de relaciones causales entre variables que se caracterizan por su abstracción y/o subjetividad.

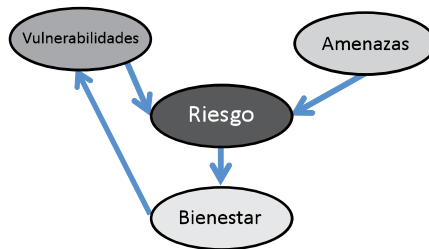
En lo que respecta al estudio de la causalidad, la función de los modelos de ecuaciones estructurales no es corroborar las relaciones causales entre las distintas variables, sino facilitar su análisis y toma de decisiones, para lo cual es necesario un análisis exploratorio de los datos y que el proceso de modelización sea seguido con rigor. En ocasiones la confirmación de un modelo de este tipo se ha considerado como una prueba de validez, sin tener en cuenta que podrían ser igualmente válidos otros modelos econométricos alternativos, puesto que las pruebas de significación sólo son efectivas cuando se cumplen las condiciones especificadas.

Modelo Estructural Subyacente del ECSI

Con el modelo estructural se quiere analizar las relaciones de causalidad, los impactos y efectos de las vulnerabilidades, las amenazas y las variables económicas para dar a conocer si estas con datos de corte transversal pueden mostrar patrones de comportamiento.

Definición de las variables del modelo y sus relaciones causales

La economía del bienestar estudia todo lo conducente a la formulación de proposiciones y juicios que permitan ordenar situaciones económicas alternativas, calificadas en términos de mejor o peor. El primer paso para elaborar un modelo estructural es la conceptualización de las variables latentes y sus relaciones:



El anterior gráfico muestra que se plantea una relación entre vulnerabilidades y amenazas con riesgo, el riesgo con el bienestar y finalmente el bienestar con las vulnerabilidades.

Operacionalización de las variables latentes

Los cuatro componentes del sistema son por tanto variables latentes, medidas cada una por dos o tres variables, en cada caso. El plan de operacionalización de las variables latentes en indicadores se realiza mediante la utilización de un análisis de cada una de las variables y sus componentes, primeramente teóricos, y luego por variables próxi.

VARIABLES LATENTES

Vulnerabilidades:

Población
Salud
Educación
Vivienda

Amenazas:

Inundaciones
Sequías
Heladas
Incendios

Bienestar:

Índice de Desarrollo Humano
Índice de Pobreza Humana
Necesidades Básicas Insatisfechas

Riesgo:

Vulnerabilidades
Amenazas

VARIABLES PRÓXIS QUE SE UTILIZAN PARA EL ANÁLISIS EMPÍRICO

Vulnerabilidades:

- ♦ (A4) Población (población total por municipio)
- ♦ (A13) Salud (déficit de personal calificado en salud por cada 1000 habitantes)
- ♦ (A9) Educación (cobertura de educación)
- ♦ (A18) Vivienda (calidad de la construcción)

Amenazas:

- ♦ (A32) Inundaciones (riesgo de inundación)
- ♦ (A33) Sequías (riesgo de sequía)
- ♦ (A34) Heladas (riesgo de helada)

Bienestar:

Índice de Desarrollo Humano (IDH)

- i) (A8) Analfabetos menores a 15 años como próxi de tasa de alfabetización y tasa combinada de matriculados en educación primaria, secundaria y superior
- ii) (A16) Consumo *per cápita* como próxi de PIB *per cápita* por municipio.

Índice de Pobreza Humana (IPH)

- i) (A12) Tasa de mortalidad infantil de menores de 1 año, como próxi de la probabilidad de vida al nacer.
- ii) (A6) Población adulto mayor.
- iii) (A17) Razón de dependencia de la población entre los 14 y 64 años

Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

- i) (A9) Cobertura de educación.
- ii) (A20) Sin cañería como próxi de agua potable
- iii) (A21) Sin baño como próxi de servicios higiénicos.
- iv) (A19) Habitabilidad de la vivienda

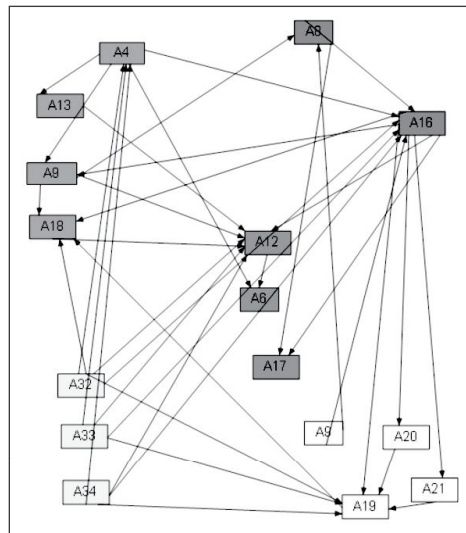
Riesgo:

Vulnerabilidades

Amenazas

Análisis por trayectorias

En el análisis por trayectorias o “Path Análisis” se construye una red en la que las variables se unen por flujos o flechas, las que muestran relaciones entre las variables como variables endógenas o exógenas.



Elaboración propia

Modelos de medición: Especifica las ecuaciones que vinculan las variables latentes a las observadas o indicadores x e y , conformando un sistema de ecuaciones, que expresado de forma matricial tiene la siguiente forma:

$$x = \Lambda_x \xi + \delta$$

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon$$

Λ_x : Es la matriz de coeficientes de los indicadores de la variable exógena

Λ_y : Son las matrices de coeficientes de los indicadores de variables endógenas

ξ : Son las variables latentes exógenas

η : Son las variables latentes endógenas

δ y ε Son los errores de medida

Modelo estructural: Especifica las ecuaciones causales lineales entre las variables latentes del modelo.

$$\eta = \beta\eta + \tau\xi + \upsilon$$

siendo:

η : variables endógenas

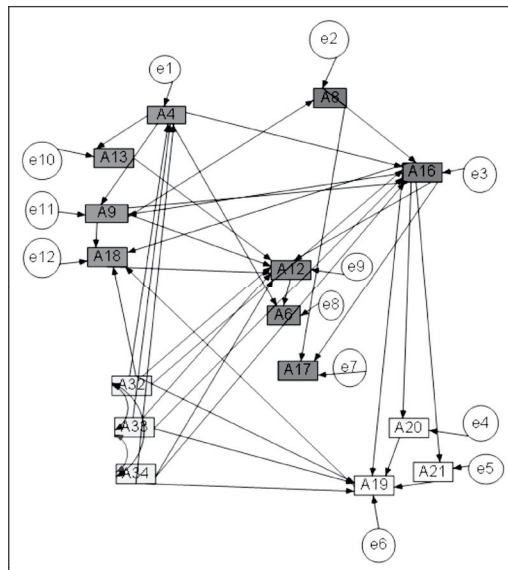
ξ : variable exógena

β : matriz de coeficientes de las variables endógenas

τ : matriz de coeficiente de la variable exógena

υ : término perturbación aleatoria

El modelo estructural se encuentra conformado por un conjunto de ecuaciones estructurales, a las cuales se las expresa de la siguiente manera:



Elaboración propia

A continuación se muestra el sistema de ecuaciones correspondiente al modelo estructural:

$$A4 = \beta_0 + \beta_1 A32 + \beta_2 A33 + \beta_3 A34 + e_1$$

$$A13 = \beta_4 + \beta_5 A4 + e_{10}$$

$$A9 = \beta_6 + \beta_7 A4 + \beta_8 A16 + e_{11}$$

$$A18 = \beta_9 + \beta_{10} A9 + \beta_{11} A16 + \beta_{12} A19 + \beta_{13} A32 + e_{12}$$

$$A19 = \beta_{14} + \beta_{15} A32 + \beta_{16} A33 + \beta_{17} A34 + \beta_{18} A16 + \beta_{19} A20 + \beta_{20} A21 + e_6$$

$$A20 = \beta_{11} + \beta_{22} A16 + e_4$$

$$A21 = \beta_{23} + \beta_{24} A16 + e_5$$

$$A16 = \beta_{25} + \beta_{26} A8 + \beta_{27} A4 + \beta_{28} A32 + \beta_{29} A33 + \beta_{30} A34 + e_3$$

$$A8 = \beta_{31} + \beta_{32} A9 + e_2$$

$$A12 = \beta_{33} + \beta_{34} A13 + \beta_{35} A9 + \beta_{36} A18 + \beta_{37} A32 + \beta_{38} A33 + \beta_{39} A34 + \beta_{40} A16 + e_9$$

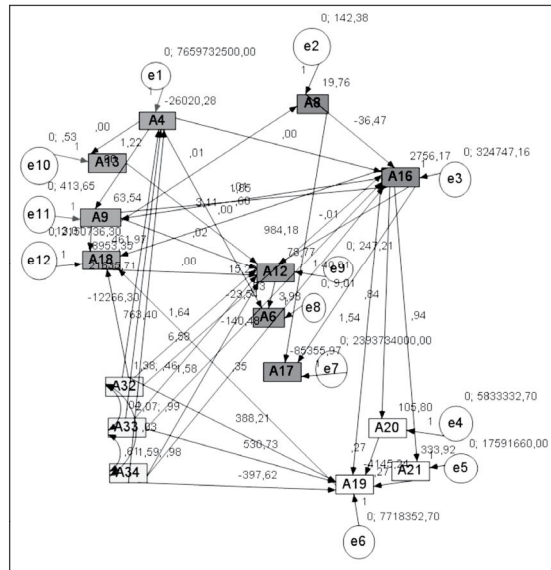
$$A6 = \beta_{41} + \beta_{42} A4 + \beta_{43} A12 + e_8$$

$$A17 = \beta_{44} + \beta_{45} A8 + \beta_{46} A16 + e_7$$

Estimación de los parámetros del modelo

El modelo seleccionado, por criterios de estimación, es el realizado mediante máxima verosimilitud, aunque previamente, han sido aplicados sobre los mismos datos otros tres métodos de estimación, con objeto de verificar la bondad del ajuste: Mínimos Cuadrados Parciales, Mínimos Cuadrados Generalizados y Distribución Libre Asintótica. El procedimiento ha sido estimar a la vez los valores de las variables independientes a partir de los valores estimados de las variables latentes dependientes, empleando un procedimiento de iteración en el que el algoritmo asigna valores a los ponderadores de los indicadores, hasta encontrar una convergencia estable.

Los parámetros estimados del sistema, mediante máxima verosimilitud, se muestran en el siguiente diagrama.



Elaboración propia

Ajuste del modelo

Existen diversos programas informáticos para ajustar modelos: EQS, LISREL, AMOS, CALIS, etc. En la elaboración del ECSI se ha utilizado el programa AMOS, por la posibilidad de trabajar con diagramas. La evaluación del modelo se ha efectuado utilizando diversos índices:

- Índice de ajuste normado como medida de discrepancia entre el modelo ajustado y el modelo base (NFI: NormedFitIndex).
- Índice de bondad de ajuste; similar al anterior, compara las discrepancias entre el modelo ajustado y el modelo anterior al ajuste (GFI: Goodness of FitIndex).
- Índice ajustado de bondad del ajuste; es el mismo indicador que el anterior pero ponderado por un ratio de los grados de libertad del modelo base y ajustado (AGFI: Adjusted Goodness of FitIndex).
- Índice del ajuste parsimonioso; obtenido a partir del índice NFI y ponderado por el cociente de los grados de libertad del modelo ajustado y el modelo base (PNFI: Parsimonius NormedFitIndex).

- Índice del radical del error de aproximación medio, que se obtiene como la raíz cuadrada de la ratio del parámetro no central ajustado por los grados de libertad (RMSEA: Root Mean Square Error Aproximation).

Dados los siguientes cuadros, se muestra que el modelo tiene la mayor parte de los parámetros no significativos.

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
A4	←	A32	18953,349	7149,607	2,651	,008	
A4	←	A33	21635,706	6237,731	3,469	***	
A4	←	A34	-12266,300	6285,702	-1,951	,051	
A16	←	A32	15,219	47,057	,323	,746	
A16	←	A33	-23,545	41,371	-,569	,569	
A16	←	A34	-140,481	41,605	-3,377	***	
A16	←	A4	,004	,000	10,098	***	
A9	←	A4	,000	,000	-,200	,841	
A20	←	A16	,845	,163	5,179	***	
A21	←	A16	,944	,283	3,332	***	
A19	←	A16	1,536	,202	7,599	***	
A19	←	A21	,274	,037	7,481	***	
A19	←	A20	,270	,064	4,240	***	
A19	←	A32	388,214	227,604	1,706	,088	
A19	←	A33	530,734	198,352	2,676	,007	
A19	←	A34	-397,625	202,832	-1,960	,050	
A18	←	A32	763,402	120,294	6,346	***	
A13	←	A4	,000	,000	-,966	,334	
A18	←	A16	-,598	,118	-5,080	***	
A18	←	A19	,348	,026	13,316	***	
A18	←	A9	13,013	3,994	3,258	,001	
A12	←	A16	-,013	,001	-11,144	***	
A12	←	A9	,024	,043	,543	,587	
A12	←	A13	3,114	1,193	2,610	,009	
A12	←	A32	1,638	1,358	1,206	,228	
A12	←	A33	6,575	1,126	5,839	***	
A12	←	A34	1,585	1,150	1,378	,168	
A12	←	A18	,000	,000	-,155	,876	
A6	←	A12	,035	,008	4,272	***	
A17	←	A8	984,184	269,018	3,658	***	
A6	←	A4	,000	,000	-1,892	,058	
A17	←	A16	40,007	3,905	10,245	***	
A8	←	A9	,010	,091	,109	,913	
A9	←	A16	,008	,007	1,104	,270	
A16	←	A8	-36,470	4,053	-8,998	***	
A16	←	A9	1,848	5,572	,332	,740	

**Standardized Regression Weights:
(Group number 1 - Default model)**

			Estimate
A4	<←	A32	,143
A4	<←	A33	,239
A4	<←	A34	-,134
A16	<←	A32	,013
A16	<←	A33	-,029
A16	<←	A34	-,169
A16	<←	A4	,427
A9	<←	A4	-,025
A20	<←	A16	,276
A21	<←	A16	,181
A19	<←	A16	,354
A19	<←	A21	,329
A19	<←	A20	,191
A19	<←	A32	,074
A19	<←	A33	,149
A19	<←	A34	-,110
A18	<←	A32	,265
A13	<←	A4	-,053
A18	<←	A16	-,251
A18	<←	A19	,634
A18	<←	A9	,143
A12	<←	A16	-,502
A12	<←	A9	,024
A12	<←	A13	,109
A12	<←	A32	,054
A12	<←	A33	,315
A12	<←	A34	,075
A12	<←	A18	-,007
A6	<←	A12	,231
A17	<←	A8	,207
A6	<←	A4	-,102
A17	<←	A16	,580
A8	<←	A9	,018
A9	<←	A16	,290
A16	<←	A8	-,529
A16	<←	A9	,048

Means: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
A32			1,379	,038	36,648	***	
A33			2,067	,055	37,468	***	
A34			1,593	,055	29,130	***	

Intercepts: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
A4			-26020,276	14586,982	-1,784	,074	
A9			63,540	13,098	4,851	***	
A8			19,762	7,158	2,761	,006	
A16			2756,168	518,163	5,319	***	
A20			105,800	352,492	,300	,764	
A21			333,921	612,132	,546	,585	
A19			-4145,244	607,729	-6,821	***	
A13			1,219	,042	29,068	***	
A18			461,967	374,097	1,235	,217	
A12			78,774	4,628	17,019	***	
A6			3,977	,655	6,071	***	
A17			-85355,974	12031,268	-7,095	***	

Covariances: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
A32	<->	A34	,032	,037	,858	,391	
A33	<->	A34	,615	,064	9,565	***	
A32	<->	A33	,045	,038	1,193	,233	

Correlations: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
A32	<->	A34	,048
A33	<->	A34	,625
A32	<->	A33	,066

Variaciones: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
A32			,462	,036	12,767	***	
A33			,992	,078	12,767	***	
A34			,975	,076	12,767	***	
e1			7659732532,235	599956554,999	12,767	***	
e11			413,654	33,505	12,346	***	
e2			142,379	13,285	10,717	***	
e3			324747,159	37730,792	8,607	***	
e4			5833332,674	456901,878	12,767	***	
e5			17591660,064	1377885,158	12,767	***	
e6			7718352,658	604548,038	12,767	***	
e10			,531	,042	12,767	***	
e12			2150736,309	168458,669	12,767	***	
e9			247,208	19,363	12,767	***	
e8			9,008	,706	12,767	***	
e7			2393733979,646	187491715,405	12,767	***	

La responsabilidad ética del hombre contemporáneo

The ethical responsibility of modern man

*Fernando Arce Hochkofler**

Resumen

El desarrollo económico, la evolución de la ciencia y la tecnología, la explosión demográfica, la "cultura" informatizada, las libertades democráticas y la corrupción, han provocado una crisis moral sin precedentes, una revolución del concepto que tiene el hombre de sí mismo, de lo masculino y lo femenino, al punto de ver tambalearse su identidad, sus valores y perderse el sentido de orientación de hacia dónde van la cultura y la civilización. Esta crisis nos apostrofa con interrogantes que tienen anverso y reverso: ¿cómo afrontar el presente incierto? ¿De qué cualidades, de qué carácter hay que estar construido para plantarse y tomar buenas decisiones en el mundo inseguro, competitivo y difícil que nos toca vivir? Ya no se trata de pensar proyectos ecológicos o modelos económicos sustentables, menos sistemas ideológicos; sino de descubrir personalidades capaces de lucidez y altura necesarias para asumir con responsabilidad el liderazgo de la humanidad.

Palabras clave: desarrollo económico, información especializada, evolución , hombre, ciencia y tecnología

Abstract

Economic development, the evolution of science and technology, population explosion, "culture" computerized, democratic freedoms and corruption have led to unprecedented moral crisis, a revolution of the concept that man has of himself, male and female, to the point

* Fernando Arce Hochkofler trabaja a tiempo completo como psicoanalista en la consulta privada. Se graduó en estudios de tercer ciclo en la Universidad Paris VIII y es candidato al Doctorado en la misma universidad. Obtuvo una maestría en Psicología Clínica en la Universidad Católica de Buenos Aires y realizó su análisis didáctico tanto en París como en Buenos Aires. Contacto: ferahoch@hotmail.com

of to see stagger their identity, values and lose the sense of direction of where are going the culture and civilization. This crisis apostrophes with a question that has front and back: how to deal with this uncertainty? What qualities, what character should be built to stand up and make good decisions in the world insecure, competitive and challenging in which we live? It is no longer thinking about environmental projects and sustainable economic models, less ideological systems; but to discover personalities capable of lucidity and height necessary to assume leadership responsibility of mankind.

Keywords: Economic development, specialist information, science and technology, evolution, man.

Clasificación/Classification JEL: L00, Q00, Q10

1. Introducción

El desarrollo económico, la evolución de la ciencia y la tecnología, la explosión demográfica, la “cultura” informatizada, las libertades democráticas y la corrupción han provocado una crisis moral sin precedentes, una revolución del concepto que tiene el hombre de sí mismo, de lo masculino y lo femenino, al punto de ver tambalearse su identidad, sus valores y perderse el sentido de orientación de hacia dónde van la cultura y la civilización. Esta crisis nos apostrofa con un interrogante que tiene anverso y reverso: ¿cómo afrontar el presente incierto?, ¿de qué cualidades, de qué carácter hay que estar construido para plantarse y tomar buenas decisiones en el mundo inseguro, competitivo y difícil que nos toca vivir? Ya no se trata de pensar proyectos ecológicos o modelos económicos sustentables, menos sistemas ideológicos; sino de descubrir personalidades capaces de lucidez y altura necesarias para asumir con responsabilidad el liderazgo de la humanidad.

Pareciera que ni el crecimiento económico, ni los avances científicos y tecnológicos, ni las libertades democráticas están facilitando el verdadero desarrollo humano, porque se nos hace difícil devenir sujetos plenamente humanos, consistentemente evolucionados. Y es que, contrariamente a lo esperable, junto al mejoramiento en la calidad de vida que viene con el progreso tecnológico sobrevienen también, en el plano subjetivo, un mayor egoísmo, una mayor pereza de espíritu y una abrumadora sensación de agotamiento y soledad. En el plano objetivo, cada día empeora la precariedad del sujeto por el encarecimiento continuo del costo de vida, la reducción del mercado laboral, el acoso moral de los empleadores, el escaso tiempo para los seres queridos, la competencia excluyente, la inseguridad ciudadana, la corrupción

de las instituciones públicas, el crimen organizado, la crisis alimentaria y energética y la destrucción del planeta. Y por más que el espíritu humano lucha por encontrar el camino construyendo esperanzas, amores, alcanzando hazañas e intentando crear obras artísticas que inspiren y movilicen a la humanidad; no hay nada nuevo que sostenga la atención del género humano de manera acuciosa.

Tampoco, en medio de la actual sobrepoblación o entre las camadas de profesionales que se especializan en los países desarrollados, aparecen personalidades lúcidas capaces de inspirarnos por su profunda comprensión de lo humano. Es difícil encontrar seres que cautiven nuestro espíritu y que quisiéramos seguir porque irradian sabiduría, dignidad y nobleza. Y aunque son igualmente escasos los capaces de objetivar problemas y generar movimientos de protesta, éstos aparecen en diversos lugares del orbe, casi sin liderazgo, como manifestaciones de un malestar que provoca la cultura del saber científico y la tecnología informatizada.

En contraste asombroso, de las situaciones extremas donde se sufren pérdidas que no se podrían superar porque el dolor es insoportable; surgen personas capaces de alcanzar las más altas cumbres de sensibilidad y comprensión fraternas. Seres humanos que –despojados de todo– recuperaron lo esencial del saber vivir, alcanzaron otro peldaño evolutivo y tienen la sabiduría y el temple que rezuman del sufrimiento. Es a partir del encuentro con uno de ellos que provoca interrogarse: ¿a qué temperatura se forja el espíritu para devenir humano? ¿Cómo erigir el carácter para afrontar este mundo incierto y peligroso?

Responderse permite seguir evolucionando, tener la libertad de elegir, anticiparse al futuro y educar a los hijos para que estén a la altura de las complejas circunstancias. El intento vale la pena, aunque no se alcance la precisión de una obra maestra que prevalezca sobre la vorágine de la obsolescencia y la apatía del escepticismo. Y si nos inspiran los valientes que inmolan su vida con la convicción de sentirse por un instante, hombres libres; es porque tenemos cierta sensibilidad innata. La de saber que estamos conectados entre todos, con el universo entero, que somos iguales sin anular las diferencias, y que aspiramos a la libertad interior.

2. Cultura y civilización del crecimiento económico: competitividad e individualidad

En la economía globalizada, los mercados financieros no son seguros y su perfeccionamiento continuo apenas logra equilibrios volátiles. El desequilibrio genera procesos de expansión-recesión que se retroalimentan a sí mismos, porque no velan por el

logro de intereses comunes, sino que sirven para reglar la distribución de recursos escasos, entre unas cuantas necesidades privadas (Soros, 2006). Los intereses comunes se deciden mediante procesos políticos, que por su parte también son susceptibles de corrupción. Luego, el intercambio libre de intereses privados y recursos es regulado –con la mira puesta en sus propios intereses– por los Estados y por los acuerdos internacionales. Las utilidades calculadas han convertido al mundo en un solo mercado escaneado al milímetro y siempre vigilado para aprovechar la menor oportunidad; tanto en cuanto a recursos naturales y producción, como en cuanto a comercialización y consumo. La codicia por el crecimiento económico aprovecha para lucrar las necesidades y los objetos del deseo humano, incluido el afán de diferenciarse del individuo.

Los volúmenes de mercancía son proporcionales al número de intermediarios, y pronto se constituyen oligopolios que controlan los mercados. Estas concentraciones de la producción y la comercialización terminan generando plagio y piratería por sus altos precios, y, como es lógico, los productos falsificados se hacen de consumo obligado en economías pequeñas por sus bajos precios. Si las economías crecen, los consumidores aprenden a ser selectivos con la calidad. Entretanto, cuanto más deseada es la mercancía o más escaso es el recurso, lo que pasa a ser de segunda mano genera un mercado “barato” que burla los controles gubernamentales y aprovecha los vacíos legales de las normativas estatales en función de la oferta y la demanda. Y cuanto más permeables son los sistemas de control, más se contaminan las operaciones comerciales con el fraude, la corrupción y el lavado de dinero. Además, como las variables que determinan las fluctuaciones del mercado son imprevisibles, los operadores de mercados a futuro promueven la especulación que deriva en carestías inflacionarias, migraciones “negociadas”, tráfico de mujeres, niños y esclavos, hasta terminar en las paranoias armamentistas.

La cultura humana ha producido la economía de mercado como su mejor logro. ¿Este es el resultado de diez mil años de civilización? Admitirlo significaría asumir una impotencia. Pero, revisemos los conceptos de cultura y civilización. Cultura viene del latín *cúltus*, acción de cultivar o practicar algo, es el cultivo de modos de vida, conocimientos, costumbres y creencias que en origen tienen dos objetivos: primero, gobernar las fuerzas de la naturaleza y obtener bienes que permitan satisfacer las necesidades humanas; segundo, regular los intercambios recíprocos entre los hombres, y esto comprende la distribución de los bienes asequibles. Pero como estos dos objetivos están hechos de lenguaje, éste ha subsumido la cultura en su propia estructura, incluidas las manifestaciones éticas y estéticas, al punto de

haber adquirido preeminencia sobre la naturaleza. Por ello se dice de un hombre que es culto porque sabe hablar correctamente. Hoy el lenguaje es una suerte de formación geológica en la que se distinguen una superestructura, el juicio, y una infraestructura, el deseo; cuyas manifestaciones se ajustan a las leyes del lenguaje. Claro está que en el hombre hay otras dimensiones que forman su carácter, como el valor, la disciplina, la profundidad y la búsqueda de paz interior; pero es a través del lenguaje que se constituye como sujeto, y es por su palabra que adquiere credibilidad. Luego, es lícito afirmar que la vanguardia de la cultura es el saber decir, y esto es signo de un hombre culto. La recta palabra es el culmen de la sabiduría, y si la cultura avanza en esa dirección, estaría marcando el desarrollo ético de la humanidad al cual no es posible sustraerse.

Establezcamos ahora el propósito de la civilización. Definida por la enciclopedia Encarta como el “estadio cultural propio de las sociedades humanas más avanzadas por el nivel de su ciencia, artes, ideas y costumbres”, equivale a alcanzar el dominio de técnicas y procesos que permiten obtener resultados eficientes, eficaces, seguros y cada vez más refinados. Dichas técnicas y procesos tienden a ser imitados y copiados, de manera que se produce una suerte de duplicación en cascada decadente. Es la estandarización de procedimientos para ahorrar tiempo y esfuerzo, ganando orden, seguridad y limpieza. Un hombre del siglo XIX, si no provenía de una familia adinerada, tenía que trabajar mucho físicamente para sobrevivir y casi no tenía tiempo para estudiar; no disponía de óptimas condiciones higiénicas y su calidad y expectativa de vida eran deplorables. Un hombre del siglo XXI no necesita trabajar haciendo grandes esfuerzos físicos, dispone de una mejor calidad de vida, pero debe esforzarse mucho por alcanzar la mejor calidad de conocimiento especializado, si no quiere quedar fuera de la pirámide competitiva. Es evidente que cuanto más avanza una sociedad, más se norman y se simplifican el trabajo, los procedimientos institucionales y los métodos de resolución de problemas. Podría afirmarse, entonces, que el objetivo principal de la civilización es el saber hacer. Pero, simplificar y perfeccionar técnicas y procesos cuesta dinero y un alto precio en libertad; pues al subir los costos en tecnología, en mano de obra bien calificada, en actualización de los sistemas informáticos y en la logística de manipulación y distribución de materiales y alimentos; se encarece la vida y se genera un nuevo orden social: piramidal, altamente competitivo y basado en el conocimiento especializado. Es en función de éste que cuentan las capacidades y la calidad de educación alcanzada por cada individuo.

En los hechos, el desarrollo tecnológico y los avances de la ciencia están directamente vinculados al poderío militar y económico del Estado que los auspicia. Éste utiliza sus

productos para seguir acumulando capital y poder; mientras sus ciudadanos los utilizan para la sobreexplotación de recursos naturales, la sobreproducción de productos desechables, y para detentar los usos y desarrollos tecnológicos que aseguran monopolio y falta de competencia. Lo que debiera ser un efecto colateral de la civilización se convierte en su razón de ser. Se produce ese efecto cuando la especialización se separa de la cultura porque, precisamente, la tecnología simplifica tanto el quehacer humano que reduce la necesidad del lenguaje, ahorra y facilita la comunicación, al punto que privilegia el saber hacer sobre el saber decir.

Pero destaquemos los efectos positivos de la civilización sobre el ser humano: organiza su tiempo con mucha disciplina, hace el esfuerzo físico estrictamente necesario con resultados eficaces; dispone de una sólida estructura mental que funciona con un juicio rápido y contundente; resuelve problemas con precisión; se esfuerza por aprender las habilidades técnicas y el conocimiento necesarios para alcanzar dominio en lo que hace; utiliza habilidades manuales para resolver problemas domésticos con autosuficiencia; aprovecha su tiempo productivamente como adaptabilidad a lo imprevisto, y cumple su palabra cuando la compromete.

Como es lógico, el hombre civilizado debe erogar una alta carga impositiva para pagar los servicios del sistema y el costo de buenas opciones educativas que aseguran un mejor futuro a su descendencia; se aferra a la seguridad y a la comodidad de lo planificado, del trabajo distribuido y especializado, a los servicios que funcionan y a un Estado cuyo poder es tan sólido que protege a sus ciudadanos, al mismo tiempo que los clasifica. La presión de tener que alcanzar estándares mínimos en tiempo, logro y desempeño que se van estableciendo en todos los ámbitos, lo estresa y asusta. Se reducen sus márgenes de libertad y espontaneidad por tener que hacer las cosas de acuerdo a normas y procedimientos establecidos. Entonces se torna rígido, materialista y cómodo. A pesar de los efectos positivos, la especialización acentúa su individualismo, lo aísla, le recorta posibilidades de explorar todas las dimensiones de su potencialidad y le deja un sentimiento de contradicción, frustración y desamparo.

Sinteticemos: la cultura y civilización del saber decir y del saber hacer especializan al hombre, y como las necesidades de consumo son correlativas a las de especialización y pertenencia social, la economía de mercado explota esta necesidad y la de mejorar el estándar de vida.

3. Cambios en la subjetividad humana producidos por la cultura informatizada

Durante la época moderna se creyó que las ciencias y el desarrollo tecnológico traerían un considerable progreso para la humanidad. El siglo XX produjo efectivamente un crecimiento económico sin precedentes y fue el siglo de la explosión demográfica, pero también fue el siglo de los mayores genocidios raciales, religiosos y políticos; se derrumbaron los autoritarismos y se desarrollaron los sistemas informáticos. Aun así, al hombre de hoy no lo hace ni mejor ni más libre manejar una computadora o un celular con los últimos avances tecnológicos; tampoco los niños del mañana - por más que se les conciba y geste manipulando su material genético - nacerán con una mente bien formada como la de Sócrates, Hegel o con la genialidad de Miguel Ángel. En contraste con las personas cultas del siglo XIX, los actuales eruditos poseen un saber demasiado especializado que no les alcanza ni para dilucidar sus problemas existenciales. El hombre promedio es escaso conocedor de la cultura clásica, ignora mucho y está atravesado, sin capacidad de réplica, por los discursos de los mass-media, los neocolonialismos intelectuales y la cultura popular.

Precisamente, la cultura actual circula a través del lenguaje informatizado del cine, los medios de comunicación y el internet; con significantes hechos de imágenes, sonidos y palabras interactivos. En el pasado, la cultura clásica se expresaba en el lenguaje refinado, en lo estético y en lo ético, de la escritura manual. Hoy vivimos con un nuevo sistema: la escritura virtual. Este nuevo sistema, - parafraseando a Sócrates¹, que criticaba la invención de la escritura manual -, produce en las almas de los usuarios el olvido, y les hace despreciar la tradición oral; fiados en la paradójica “ayuda memoria” de los ordenadores, abandonan el cuidado de escribir bien, conservar sus recuerdos, y sin ellos pierden el espíritu. Llegamos a creer que se puede aprender muchas cosas sin maestros y nos tenemos por expertos, sin tener más que la apariencia de una ciencia. Sócrates diría de nosotros que, en el fondo, no somos “más que ignorantes y falsos sabios insoportables en el comercio de la vida” (Platón, 1996: 658).

La noción de tiempo ha sido subsumida por las velocidades de transmisión de datos y de los juegos interactivos, porque la eficiencia es el parámetro de competitividad. La noción de espacio ha sido subsumida por la virtualidad de la ubicuidad y la simultaneidad, provocando

¹ Cfr. Platón (1996: 657-660), donde Platón relata sobre el dios egipcio Teut que inventó la escritura, además de los números, el cálculo, la geometría, la astronomía, el ajedrez y los dados

una sobreconfianza en lo que significa estar presente en la relación con el otro. Y la memoria, que está al servicio del análisis y resolución de problemas, es cada vez menos ejercitada, confiados en que cualquier información es de fácil acceso; lo que conduce a no disponer del suficiente bagaje incorporado de información especializada y actualizada. No ejercitar la memoria como antaño y confiarla a los ordenadores desplaza el conocimiento del sujeto al ciberespacio. Un cerebro que ejercita la memoria desde la infancia tiene recuerdos indelebles en la vejez y guarda bien los secretos y valores ligados a la tradición; la escritura virtual podría estar conduciendo a las nuevas generaciones a una progresiva pérdida de la capacidad de valorar la tradición y conservar el espíritu.

Desde otro punto de vista, la cultura global informatizada confronta al sujeto con sus inconsistencias éticas y con sus limitaciones relativas al saber, al mismo tiempo que le ofrece un abanico de opciones para seguir aprendiendo. Como la mayoría de las personas tienen un *website* que les permite conectarse *on line* a cientos de ciudadanos en el mundo a través de las redes sociales informáticas (social media), su subjetividad queda expuesta a la mirada del Otro². Esa mirada se convierte en una instancia de criba, un tamiz donde se depuran las formas y los excesos. Luego, no sólo es constitutiva, sino formativa, porque el juicio de los demás (la opinión pública) ubica al sujeto en relación a su nivel de saber hacer y a su saber bien decir. Por eso se vive aprendiendo de los que más saben y de los que mejor dicen. La economía de la comunicación busca eficiencia, ampliando la escritura virtual de voz e imagen, por encima de la escritura manual.

Pero las redes sociales también mediatizan eso que excede al lenguaje, aquello donde las palabras se quedan cortas: el goce, sea que se trate de los más sublimes, sea que se trate de los más perversos. Es lo que la palabra excluye que regresa desbocado. Se goza de lo bello, de lo exquisito, de lo elevado a través de la música, las artes, la fotografía, los deportes y la buena palabra. Pero también se goza de una manera adictiva y se recorren los límites hacia los confines más perversos en las ofertas sexuales por internet.

Un ensayo por conceptualizar los hechos hasta aquí señalados nos llevaría a afirmar que el avance de la civilización transforma la relación del hombre con el saber y con el goce, con lo explícito y lo implícito de la cultura. El saber impone una racionalidad que reprime

² Utilizo el Otro en el sentido de E. Levinas, como la alteridad social que me apremia con su deseo, me cuestiona, me vacía de mí mismo y no cesa de vaciarme al descubrirme recursos siempre nuevos. (Levinas, 1974: 48-67). Y también en el sentido que le da J. Lacan, como el lugar del significante, lugar desde donde soy hablado, desde donde deseo con el deseo de ese Otro que me constituye porque es ahí - en el campo simbólico - que un sujeto deviene una identidad para un otro (Lacan, 1966: 614)

la impulsividad de la sensibilidad, produce una cierta frialdad como un mecanismo de autoprotección, como una toma de distancia del otro. El saber impide volverse víctima de las circunstancias sin posibilidad de réplica. El saber es poder de elección. Se universaliza a través del saber enciclopedista que se actualiza en el ciberespacio; se sofisticada en las continuas nuevas ofertas (por su pronta caducidad) de conocimiento especializado que prometen las universidades para triunfar, y se personaliza a través de la creciente oferta de plataformas de educación interactiva. En el pasado, el ser humano escamoteaba el conocimiento y la educación por miedo a la competencia y a la represión. Hoy la información genérica es de fácil acceso y sólo la especializada requiere habilidades superiores de búsqueda. De cualquier manera, el precio de la información se devalúa rápidamente porque el saber se transparenta y todo lo que el hombre hace y conoce es mirado.

El continuo avance del saber científico y del saber tecnológico ejerce una presión excluyente y es fácil quedar desactualizado. La experiencia sólo tiene valor si es transmisible por algún sistema lógico que afirme el conocimiento especializado. Por miedo a la rápida exclusión del mercado laboral, unos hacen semblante de saber, otros se asocian en roscas institucionales; igual la exclusión les llega de modo inexorable. Se busca por las redes sociales a los que más saben y se los copia, se optimiza la menor ventaja por ellos alcanzada.

Respecto al saber decir, ese que permite tener claro lo que es correcto y tener el valor para reconocerlo, porque una vez reconocido, es difícil no hacerlo; no se trata de mirar y copiar. Más allá del juicio moral que se distribuye y tamiza en los intercambios personales y más allá de los mensajes de sabiduría que la gente comparte; el juicio ético se aprende con el cambio doloroso de posición subjetiva. Cambiamos de actitud cuando sentimos con angustia los efectos de los propios errores y defectos con los que lastimamos y destruimos lo que amamos, cuando llegamos al límite del abismo donde la muerte aparece como el siguiente paso. Es con dolor que superamos nuestras miserias; el tiempo nos confronta con las consecuencias de nuestros actos insensatos y hay que tener valor para ver y afrontar lo que no se quiere ver, lo que no se quiere saber. Luego, la relación con el deber ético del bien decir puede estar atiborrada de mucho saber que impide saber lo esencial que conduce a la paz interior. A la vez, nuestras miserias quedan expuestas a la mirada del Otro, mucho más rápido de lo que antes ocurría.

La segunda relación que se está modificando es la relación con el goce: gozar con una libertad sin restricciones de lo que a cada quien le apetezca. Por eso los teléfonos inteligentes tienden a integrar todos los dispositivos que son funcionales a una persona (GPS, internet, TV, comunicación a larga distancia como si fuera local, filmación, reproducción de films, edición

de imágenes, mediateca personal de libros, revistas, films, música, fotografías y filmaciones personales, juegos electrónicos, etc.). Esto plantea un uso práctico (resolución de necesidades contingentes) y un uso adictivo (dedicación excesiva de tiempos en búsqueda de lo que procura placer y goce) hasta llegar a lo que causa asco y dolor. En ambos casos, el ser humano goza de una posición de omnipotencia, sin mayor esfuerzo que las habilidades digitales y sin la disciplina ligada a la administración del tiempo. Es el vínculo con lo que se sustrae al lenguaje, con lo que se mal-dice entre engaños y eufemismos, con eso que separa a las personas, porque si hay algo implícito al goce es la destrucción del otro: pura pasión autodestructiva. Cuando se traspasa la frontera que resguarda los principios del respeto humano, se empieza mostrando la intimidad y se llega a mostrar lo más abyecto de la misma, hasta comercializar sus formas más extremas.

En esta misma línea, lo masculino y lo femenino han sido subvertidos: ¿qué es ser una mujer?, ¿qué es ser un hombre? Buscar en la propia sexualidad, experimentar y no definirse es el sino de este extravío. Si una pareja no sabe ser o no sabe hacer gozar, es pronto despedida y sustituida por otra. Y en estas decisiones, las mujeres tienen la prerrogativa de la última palabra cuando manejan el deseo. No hay tiempo para conocerse, enamorar, esperar que el otro madure y decidir. Las parejas se arman por internet o en sets televisivos, los candidatos(as) desfilan como en un casting de cine. La sexualidad ya no está restringida por la cultura a la pareja heterosexual y monogámica para fundar familia. El matrimonio todavía es un ideal, pero es mirado con desconfianza por su realización compleja y llena de desencuentros. Por eso no cesan de proliferar los fracasos y se multiplican las vidas solitarias, las familias monoparentales y las reconstituidas. Los roles de poder tienden a pasar a las mujeres, la división del trabajo es más equitativa, pero queda poco tiempo para hacer pareja y familia, en un periodo en el que tener hijos y educarlos es más complejo que en el pasado.

Y es que el siglo XX, con sus radicales destapes de las imposiciones culturales de la época victoriana y de los modelos autoritarios, ha eclipsado la figura paterna como referente de autoridad. Imponer autoridad apelando sólo al recurso del estatuto paterno o a las jerarquías gerontocráticas (“soy viejo y sé más que tú”) o funcionales, como el título de “gerente”; es una práctica que se va perdiendo y va siendo desestimada por la escala social en orden descendente. Quien quiera imponer límites debe tener carácter, demostrar congruencia entre su discurso y sus acciones, y tener la autoridad que otorgan el saber hacer y el saber decir. Más aun, es necesario hacer intervenir como testigo y juez a una tercera instancia: el consenso social. Por eso los habilosos en las prácticas de manipulación para recuperar, controlar y ejercer poder se

multiplican en cantidades inversamente proporcionales a la falta de verdaderos líderes. Para colmo, las leyes civiles luchan contra la tendencia de la gente a burlar al lenguaje; tendencia que opone el saber sobre el goce que sabe burlar la ley, al saber hacer especializado.

Concluamos: el concepto de libertad se ha ampliado hasta convertirse en un concepto negativo: el de poder saber, el de poder gozar y el de querer decidir sin restricciones. El único límite viene impuesto por el mismo saber especializado, en tanto no deja saber lo esencial. El exceso de información nos abrumba, confunde y despreocupa, al punto de confiar la memoria de cuanto quisiéramos recordar a las memorias USB, que manejamos como una extensión del cuerpo. Éste es el mayor cambio en la subjetividad humana, y ya no es posible sustraerse a la manía de acumular fotos, música, mensajes, archivos, datos e información que jamás se alcanza a disfrutar toda.

4. Un revolucionario periodo histórico que nos marca: la fuerza de la juventud

El siglo XX, que acabó con imperialismos, colonialismos, tiranías y con el paternalismo autoritario, nos dejó el legado histórico de la democracia como un límite de la conciencia que considera ilegítimo e inadmisibles oprimir personas y apoderarse de recursos en nombre de cualquier infamia de carácter cultural, lingüístico, racial o religioso. Hoy se la exige como un principio universal de convivencia humana porque, más allá de la imprevisibilidad de las emociones del electorado, el derecho a expresarse libremente de cualquier ciudadano no sólo es prerrogativa del que detenta la palabra, sino del que tiene la fuerza y la convicción de estar luchando por un derecho inalienable. Los jóvenes son los más sensibles a este logro evolutivo.

La democracia tradicional impuesta por los intereses que gobiernan al mundo comienza a gestionarse a través de las redes sociales, por ciudadanos creativos que formulan propuestas que alcanzan rápido consenso. Estamos migrando del modelo democrático indirecto en el que los representantes elegidos tomaban decisiones “políticas”, a un modelo en el que los ciudadanos participan y rápidamente saben lo que ocurre y lo que quiere la mayoría, por la social media. En ese nuevo modelo, ya no sólo se trata de conseguir votación y luego gobernar en base a componendas; sino de escuchar las propuestas y aportaciones de los ciudadanos que disponen de información y no toleran las gestiones gubernamentales que velan por intereses particulares, en desmedro del interés común. Los logros positivos de una democracia que producía expansión económica y estímulo intelectual y educativo como requisito para

asegurar la competitividad, ya no son creíbles. Todos los estamentos quieren ser escuchados y participar en la toma de decisiones gubernamentales; por eso, las protestas sociales del siglo XXI, además de exigir transparencia y participación en la gestión pública, exigen igualdad de oportunidades y de obligaciones.

Los regímenes disfrazados de democracia -en las sociedades de Oriente y Occidente- tienden a desacreditarse en efecto dominó, pues la opinión pública sabe que si existe supeditación de poderes (legislativo y judicial), control de la oposición, del electorado y de los medios de comunicación; es signo inequívoco de corrupción administrativa, judicial, tributaria y comercial.

En los últimos sesenta años, el desarrollo de las ciencias y la tecnología han alcanzado un progreso sin precedentes, con los viajes espaciales, las comunicaciones, la sofisticación en la captura y transmisión de imágenes, los avances de la medicina y el poder de las nuevas armas de guerra. Este saber tecnológico especializado es también fruto de las cruentas confrontaciones mundiales que minaron el espíritu humano y neutralizaron complejos de superioridad cultural, racial y económica. Este saber y el que surge del sufrimiento acerca de lo que está mal, lo que es injusto y destructivo, desarrollaron una creciente conciencia crítica en los jóvenes norteamericanos, que surgió como oleada de protesta a partir de los años 60. Ese grupo humano todavía sufre el mayor impacto psicológico de concurrir a una guerra tras otra, además de haber sido partícipe de una brutal historia de exclusión racial.

En esos años³ se inició una gran ola de revolución cultural, que se extendió a los estudiantes de otros países de Occidente, atravesó el orbe y de ella hemos participado y sido testigos durante más de una centuria. Esta fuerza juvenil se renueva hoy en muchos países islámicos y en otros que no consiguen entrar al primer mundo. Este oleaje de contestación y revueltas terminó con el neo-imperialismo, el dogmatismo religioso, el apartheid, el muro de Berlín, las dictaduras militares, la dominación norte-sur, y aun pugna por derrumbar algunas tiranías fundamentalistas, de carácter religioso-étnico, y con las democracias clasistas. Vivimos una profunda renovación de la cultura y convergemos hacia una sociedad más laica, igualitaria y respetuosa de los derechos humanos. Sin embargo, también vemos impasibles la desaparición

³ Roger Garaudy en 1972 interpretaba los acontecimientos del mayo francés del 68 como parte de la revolución constructiva que debían emprender los jóvenes (que en ese entonces representaban la mitad de la población mundial, porque después de la guerra ascendió de dos a seis mil millones de habitantes) hacia un socialismo de autogestión que definía, en palabras de Marx, como el libre florecimiento de cada uno, como condición del libre florecimiento de todos (Garaudy, 1972). Lacan simplemente los consideró un síntoma del discurso del amo.

de varios elementos de la naturaleza, de valores humanos, del cambio climático, que amenaza la supervivencia de la especie, y una explosión demográfica sin precedentes.

Desde esa época, la gente joven no ha dejado de embriagarse con la cultura popular que emergió en una explosión de creatividad, especialmente durante la década de los 80. En esta centuria se destruyeron tabúes, se dejó de idealizar la realidad y se experimentaron variadas formas de vivir el amor que dejaron profundas cicatrices y la actual crisis de valores. Aún somos ciegos a estas heridas, como a los traumas padecidos en cada cambio violento de régimen. Hay un resurgimiento de lo religioso que recupera su lugar y la racionalidad le gana terreno a la sensibilidad emocional. Las ideas de Hegel, Schopenhauer, Nietzsche y Freud, que dieron origen a todo este movimiento, se han olvidado tras un periodo de apogeo dogmático en el que ni siquiera se las acabó de comprender.

Una radiografía de las nuevas generaciones pondría en evidencia la profunda división que sufre su espíritu por las agresiones sufridas durante este convulsionado periodo histórico. Esta fractura nos lleva a la frialdad afectiva, el miedo a confiar en el otro, a separar el sexo de los sentimientos y a ser muy sensibles a la mirada del Otro. Vivimos una época en la que se venden y compran imágenes, en la que vale más parecer antes que ser, la estética corporal antes que la ética del saber ser; no importa si por dentro van las procesiones de las depresiones ansiosas sin resolución. Los jóvenes actuales no logran separar su intimidad subjetiva de su imagen externa y enfrentan mal sus problemas al querer resolverlos con el inmediatismo de pulsar teclas y tomar psicofármacos. Les resulta difícil renunciar al confort, y como no toleran la exclusión, pronto abrazan la certeza absoluta de que sin dinero no se puede hacer nada. Entonces proyectan ambiciones económicas desmedidas que fracasan por falta de realismo, lo que los conduce a frustrarse y a plantear demandas intransigentes. Como la realización se asocia al consumo en los clichés publicitarios, se aferran a su prestigio social.

Estos mismos jóvenes nos muestran el concepto negativo de libertad: rechazo a toda forma de restricción. Y como tienen otra noción de tiempo y espacio, exigen participación en las decisiones políticas, respeto a sus derechos y un manejo abierto del bien común. Al disminuir su capacidad analítica, se desinhiben y se hacen tan prácticos, que viven un mundo de ficción a la espera de un héroe que los libere de sus miedos.

Respecto al trabajo como lugar forzoso de crecimiento, los patrones quieren a su servicio jóvenes que ofrezcan las nuevas fuerzas productivas: talento, saber, creatividad y actitud; es decir, la mejor formación, la última información, el máximo estrés productivo

y emprendimiento. Se acabó el tiempo en que casi todos los recién graduados tenían un empleo; hoy queda la precariedad laboral y social para los que no forman parte de la élite de jóvenes talentosos y bien formados que las empresas se disputan (por representar valor agregado y ahorro en capacitación). Pero su vida útil oscila entre los 25 y 40 años de edad, por la sobreoferta de mano de obra y porque los puestos de trabajo requieren de empleados que reduzcan costos, automaticen procesos, optimicen el lucro y aseguren la supervivencia de las empresas.

En el plano subjetivo, el trabajo da sentido a la existencia de las personas en tanto les integra a la esfera pública, les permite ascenso social, les otorga un sentimiento de utilidad y de pertenencia institucional que cuenta en la escala social, y les obliga a desarrollar habilidades de supervivencia y continuidad laboral. Como vincula al individuo con un colectivo grupal y social, el trabajo les introduce en la dimensión política, porque aprenden a moverse políticamente respecto a los niveles de poder, y porque se espera el reconocimiento establecido por la justicia democrática acorde al desempeño, antigüedad, grado de especialización, puntualidad y comportamiento ético, igualdad de derechos, renta de vejez y situación familiar. Pero estas expectativas de justicia democrática son burladas o cambiadas a capricho por los que detentan el poder y/o por los que son dueños del capital. Es un terreno propicio para que proliferen los jefes que se aprovechan de las necesidades que satisface el trabajo y ejercen acoso laboral hasta producir un sufrimiento cercano al martirio psicológico. Este entorno laboral ha vuelto muy perspicaces a los jóvenes.

Entonces, ¿qué fuerza representan las nuevas generaciones? La última centuria nos deja una lección, la de haber creído que el Otro es el que sabe, y no autorizarse a uno mismo a saber. Mientras uno no sabe puede des-responsabilizarse de tomar posición, y el resultado puede ser un cinismo práctico desde el que se proclama: todo vale. Esta divisa afirmaba a los jóvenes en su relación con la historia, pero en estos últimos años está girando en dirección opuesta: los jóvenes se informan, saben, ya no son manipulables y quieren tener igualdad de oportunidades; quieren ser responsables de su destino.

5. La cultura globalizada centrada en el saber científico: división del hombre

El *cogito, ergo sum* cartesiano inauguró la modernidad y también condujo a la más aberrante infatuación: identificar el ser del hombre con el yo pensante. Cuando la *Ilustración*

alcanzó su apogeo, se puso de moda decir las cosas respaldándose en la autoridad de la ciencia. Invocar esta autoridad significaba otorgar veracidad y modernidad a lo enunciado. Esto simplemente es elevar la ciencia al estatuto de *garante de la verdad*, igual que se hace con la religión, con la Biblia o con la voz del pueblo. Para Descartes, Dios era el garante de la verdad, pero no significa que la verdad esté necesariamente del lado de quien en su nombre saquea, tortura y asesina; simplemente significa que el saber consciente es no es sustentable *per se*. Por eso desde la antigüedad se respaldaba el saber en un Otro que sabía más: “*magister dixit*”, el maestro ocupaba ese lugar del garante de la verdad. En el psiquismo infantil, son los padres los que saben y basados en su autoridad el niño les confiere credibilidad y certidumbre, independientemente de que lo que digan sea o no verdad. Luego, saber es sólo creer en la garantía de un Otro, del que dependemos emocionalmente y al que le suponemos un saber con autoridad. Hoy, la garantía de la verdad, en el discurso mediático de los *mass-media*, son los hechos y el saber científico. Lo que demuestra que atribuimos credibilidad absoluta sólo a lo fáctico, a la realidad constatable por la mirada de todos. Hoy podemos ver y rever una imagen, ampliarla, minimizarla, ponerla en tres dimensiones, en cámara lenta y en tiempo acelerado, hasta descubrir lo que no es visible a simple vista, descubrir relaciones y reformular problemas.

El Otro garante de la verdad es dependiente de la tecnología de alta resolución y versatilidad en la manipulación de la imagen. Si bien se reconfigura la capacidad de percepción humana, puede también inducir a creer lo que se quiere ver; es decir que es un Otro manipulable hasta la impostura. Con éste, la publicidad y los medios de comunicación se autorizan a “formar” la opinión pública, mezclando medias verdades con mentiras y con la propia censura de los que comunican. Pero estar idiotizados no significa que seamos idiotas, no podemos ocultar la impotencia indefinidamente, la estupidez se delata en el sensacionalismo cotidiano del discurso mediático: no por hablar de las inquietudes más íntimas sin ninguna vergüenza se logra construir criterios éticos auténticos. El fondo sigue siendo una feroz ignorancia sobre el goce.

El paradigma de la modernidad del iluminismo condujo a la creencia de que el modelo de civilización de Europa occidental era el mejor y otorgaba el derecho a colonizar a otros pueblos. Hablar en nombre de “la verdad” es peligroso, porque se presta a creer que uno ocupa el lugar del *Amo que sabe*, y que invocar a ese Otro garante de la verdad del propio discurso otorga el derecho a someter, a gozar descaradamente de los que no saben, apropiarse de sus

recursos y de su libertad. Con esta infatuación se llegó a la discriminación, al desprecio, al esclavismo, a los genocidios étnico-religiosos y a la expoliación de recursos y personas.

En este siglo, el *cogito ergo sum* cartesiano se ha invertido: *“Existo y puedo acceder al saber disponible, pero no tengo ni tiempo ni medios para pensar”*. Por eso, para no pocos, basta con ser pragmático, individualista, competitivo y utilitarista. La cultura informatizada y centrada en el saber científico da testimonio de la pasión por la ignorancia del hombre en la misma especialización del saber. De tanto estudiar no se sabe lo esencial y de tanto especializarse se deviene inútil para resolver problemas simples y cotidianos. El mejor ejemplo son las ciencias del hombre que -en su afán de pasar por científicas- sólo avanzan en dirección a modelos transdisciplinarios comprensibles sólo por los especialistas que pugnan por romper el cerco de su especialidad. El conocimiento especializado se cree autosuficiente y no sirve para pensar ni la complejidad ni la totalidad. Como no es posible descubrir analíticamente, la sabiduría se ha desplazado a la ficción, entonces se piensa a través del cine y de la literatura fantástica; a pesar de que la cultura, con la presión de la velocidad competitiva, invalida ese saber con el contramensaje: *“Los héroes son la ficción, tú aprovecha la mínima oportunidad que tengas”* Es decir, como tal vez devengas héroe si procedes según tus sueños y el amor que te hace soñar, no te enamores, no sueñes, utiliza, coge lo que puedas, pues no tienes tiempo, somos muchos y hay poco.

Si Kant nos mostró que el hombre prefiere no pensar para no ser responsable, Freud nos reveló que somos neuróticos porque reprimimos la verdad, no queremos saber lo que duele y que preferimos seguir durmiendo el sueño de la conciencia sin dejar de repetir el mismo fracaso. Pura pasión autodestructiva. Por tanto, no basta pensar, es necesario dejar que hable el Otro que nos habita y del que el yo es apenas un inquilino, que cree pensar cuando en realidad es laxo, desubicado y desorientado. Dejar hablar al inconsciente es la manera menos cruenta de encarar los miedos que nos rinden cobardes, dependientes y egoístas. Entretanto, tiranizamos al prójimo con nuestras manías. Éste es el mayor descubrimiento de la era científica: *el inconsciente*, y la prueba de su existencia es la repetición de nuestros sinsentidos. Desde Freud sabemos que el hombre olvida el saber que sabe y por eso evita pensar, porque el saber está ligado a la culpa, pues querer saber es siempre un querer saber sobre el deseo y el goce sexuales; es forzar la ignorancia que impone el deseo para gozar de modo destructivo. No obstante, ese saber emerge cruel cuando estamos odio-enamorados bajo transferencia: en las relaciones de pareja, cuando hacemos y decimos estupideces, y en esas relaciones subjetivas en las que gobiernan las pasiones.

Esta relación trastornada del sujeto con el Otro del saber y la verdad acentúa la debilidad mental que nos golpea a todos por igual y hace de la impostura neurótica, moneda corriente. Las ciencias humanas no están progresando y desdeñan los aportes clásicos de sus fundadores como conocimientos superados; mientras los aprendices repiten lo que dicen los gurús de cada disciplina, de acuerdo a la investidura de poder y saber con el que estén revestidos. Es decir que los seguidores juegan al cuento de asentir y admirar serviles el traje invisible del emperador engañado que camina desnudo. No hay una voz inocente que grite su desnudez, porque la misma cultura avanza también en dirección a saber más sobre el goce, y en esa carrera destruye la inocencia. Antes se escondía el saber para preservar la inocencia y para someter a los inocentes; hoy se entrega un saber sobre el goce para preservar de la ingenuidad y de la vulnerabilidad, destruyendo la inocencia.

Entretanto, la naturaleza humana continúa siendo el territorio menos conocido por la ciencia, y los sistemas educativos son el espejo de este desconocimiento. No terminan de actualizarse, no saben equilibrar memoria y razonamiento, dejan frustración y desconfianza; mientras los problemas psicológicos de maestros y alumnos desbordan los programas educativos. Paradójicamente, las mayorías sin educación de calidad son la que más saben de la vida, luchan para no ser instrumentalizadas y subsisten guiados con la sabiduría popular.

6. Los hombres que nos enseñan el saber esencial

En medio de tanta confusión, en los lugares menos esperados, donde reina la más abyecta precariedad, como las cárceles, los suburbios, las familias destrozadas por la desgracia y entre algunas personas adictas que tocaron fondo luego de destruir sus vidas y las de sus allegados; encontramos personas que nos impresionan y hacen mella en nuestro espíritu. Esos seres nos sorprenden por su lucidez, por su profunda sensibilidad y comprensión humanas. Han aprendido en situaciones-límite, con dolor, que lo más importante es el amor a la familia y la lealtad a uno mismo y a las personas que comparten el mismo destino. Su interioridad está abierta y deja manar un manantial de sabiduría y libertad de espíritu (aunque estén privadas de otras formas de libertad). Estos extraordinarios hombres tienen la capacidad de saberse situar, conocen su lugar en el mundo, y al estar bien ubicados, nos ubican. Pueden callar o decir una palabra justa y oportuna en cada circunstancia, porque saben lo que es más importante y esencial en esta vida. No hablan desde el lugar común del yo que pontifica saberes, tampoco desde la espontaneidad infantil, ni desde la fe en puros ideales. Lo hacen desde un lugar muy

personal, desde su propia realidad dolorosa que aceptan, y avanzan para crecer a partir de ella y llegar hasta donde les sea posible, según su historia previa.

Se aceptan como son y nos aceptan. En su compañía, algo profundo se pone en su lugar, devenimos mejores, nos dan la talla de nuestra estatura humana. Sin decir mucho, nos enseñan a amar y a mirar lo esencial, nos redimen de una caída en picada hacia la muerte sin esperanza. Un encuentro con ellos nos marca para siempre. Todos los buscamos a tientas, especialmente cuando nos extraviamos y necesitamos rescatarnos a nosotros mismos. Ellos evocan en nosotros cosas que habíamos olvidado y las recuperamos para volver a ser fieles a eso íntimo que siempre fuimos. Son los “analistas salvajes” que nos escuchan y saben responder lo justo. Es más que el bálsamo de un encuentro casual con un niño tierno y sensible o con una persona pobre y sencilla de grandes valores, que reconfortan por ser transparentes y confiables.

¿Qué clase de saber nos enseñan? Lo poco que dicen estas personas perdura en el tiempo, no pierde vigencia ni actualidad y se convierte en un referente de vida para el que los encuentra y escucha. Es algo del orden arcaico que da sentido, ordena, limita y proyecta hacia adelante. El conocimiento especializado puede parecer sinónimo de vanguardismo, pero hay eventos que revelan el impase de saber mucho, sin saber nada esencial. Son sucesos en los que la noción de tiempo se asocia a la muerte; por ejemplo, si cometo un acto criminal me angustio en soledad, mis afectos y emociones se enredan, y en un segundo se me destruye el concepto de tiempo, miles de años me atraviesan el cuerpo y todo deviene viejo y vacío. Contrariamente, si en un acto de amor y heroísmo entrego la vida en un instante, le doy sentido a mi existencia, fecundo la vida de otros y perduro en el tiempo. Por extensión, cada vez que destruyo a un ser, pierdo tiempo y me acarreo soledad y frialdad; mientras que, si vivo entregado al prójimo, mantengo el frescor de un espíritu siempre juvenil y doy calor a las personas y espacios donde habito.

Luego, hay un saber ligado al tiempo y a nuestros actos. Emerge cuando éstos nos han llevado a la destrucción y al dolor; entonces valoramos lo esencial, cuando ya casi no queda tiempo ni oportunidad de recuperar lo amado. Si ser fiel a uno mismo es lo que perdura a pesar del tiempo, quizá sólo amando aquello que da su razón de ser a nuestra existencia convirtamos el tiempo en una vigencia eterna.

7. Tiempo de concluir

Por ahora el mundo es una aldea global en la que se mira y se muestra todo. La racionalidad que imponen la cultura del saber decir y la civilización del saber hacer enseña al hombre a

permanecer indolente frente a la muerte y la exclusión; frío y mezquino frente a la miseria ajena. Al fin y al cabo, cuanto más certidumbre creemos tener en los propios juicios, menos esperanza abrigamos en la vida y en el prójimo.

La competencia lastima y daña el espíritu, pervierte los valores de la solidaridad y el respeto, y orilla a un cinismo utilitarista con el que se manipula y se compra seguridad, autoestima y reconocimiento fatuos. Y como no se quiere saber de este extravío, aunque se vea proyectado en el espejo de las pantallas digitales, no se mira; sólo se ve un espectáculo repetitivo que pierde cada vez más interés y gana en superficialidad y aburrimiento. Se puede ver todo, sin realmente mirar nada. La cultura del saber especializado no deja ni pensar ni recordar; permite hacer semblante de saber, de creer que se comprende y de creer que se decide, cuando en realidad apenas somos testigo de decisiones forzadas por el goce que no advertimos. Evidentemente es mejor hacerse el ciego frente a aquel saber marrullero que se reparte como preservativos que devalúan el encuentro con el prójimo.

En el “paraíso” multimedia de la información vive la serpiente del deseo humano y no cesa de tentarnos una y otra vez a probar el fruto prohibido del árbol de la ciencia del Bien y del Mal, para ser como dioses. Ingenua pretensión que ya Nietzsche y Freud demolieron mientras abrían paso al coraje para vivir, al espíritu dionisiaco, al saber inconsciente, a la apología del acto fallido, a la inocencia del borracho que consiste en no saber lo que es la inocencia, a ese esconder su ingenio detrás de sus largas orejas.

Artículo recibido en: mayo de 2011

Manejado por: ABCE

Aceptado en: septiembre de 2011

Referencias

1. Garaudy, R. (1972). *L'alterative*. Paris: Robert Laffont.
2. Lacan, J. (1966). *Escritos*. vol. II, México: Siglo XXI, p. 614
3. Levinas, E. (1974). *Humanismo del otro hombre*. México: Siglo XXI.
4. Platón (1996) *Fedro o del amor*. En *Diálogos*. México : Ed. Porrúa, 24ª ed., p.657-660
5. Soros, George. (2006). *Tiempos inciertos*. Barcelona: Random House Mondadori S.A.