

ENSAYOS *Revista de Economía*

Volumen XXX, número 1

mayo de 2011

Artículos

The General Impossibility of Neoclassical Economics

Ben Fine

Dinámica de corto plazo del empleo en las maquiladoras de Reynosa, Tamaulipas

Thomas M. Fullerton Jr., Juan Carlos Vázquez Morales, Martha Patricia Barraza de Anda

Inversión extranjera directa, factores del país receptor y crecimiento económico

Edna Maeyen Solomon

Estudio sobre desarrollo económico: principios básicos, modelo y evidencia empírica

Dmytro Chystilin



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Economía

Centro de Investigaciones Económicas



Universidad Autónoma de Nuevo León

Rector

Dr. med. Santos Guzmán López

Secretario General

Dr. Juan Paura García

Secretario Académico

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura
Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado

Director de Editorial Universitaria

Lic. Antonio Jesús Ramos Revillas

Directora de la Facultad de Economía

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Director del Centro de Investigaciones Económicas

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Editor Responsable

Dr. Jorge Omar Moreno Treviño

Editores Asociados

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Dr. Daniel Flores Curiel

Dra. Cinthya Guadalupe Caamal Olvera

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Consejo Editorial

Alejandro Castañeda Sabido (Comisión Federal de Competencia Económica, México)

Dov Chernichovsky (University of the Negev, Israel)

Richard Dale (University of Reading, Inglaterra)

Alfonso Flores Lagunes (Syracuse University, EUA)

Chinhui Juhn (University of Houston, EUA)

Timothy Kehoe (University of Minnesota, EUA)

Félix Muñoz García (Washington State University, EUA)

Salvador Navarro (University of Western Ontario, Canadá)

José Pagán (The New York Academy of Medicine, EUA)

Elisenda Paluzie (Universitat de Barcelona, España)

Leobardo Plata Pérez (Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México)

Martín Puchet (Universidad Nacional Autónoma de México, México)

Patricia Reagan (Ohio State University, EUA)

Mark Rosenzweig (Yale University, EUA)

Ian Sheldon (Ohio State University, EUA)

Carlos Urzúa Macías († 2024) (Tecnológico de Monterrey, México)

Francisco Venegas Martínez (Instituto Politécnico Nacional, México)

Comité Editorial

Ernesto Aguayo Téllez, Lorenzo Blanco González (UANL, México)

Alejandro Ibarra Yúnez (Tecnológico de Monterrey, México)

Vicente Germán-Soto (Universidad Autónoma de Coahuila, México)

Raúl Ponce Rodríguez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México)

Ignacio de Loyola Perrotini Hernández (Universidad Nacional Autónoma de México)

Edición de redacción, estilo y formato

Paola Beatriz Cárdenas Pech

Bricelda Bedoy Varela

Ensayos Revista de Economía, Vol. 30, No. 1, enero-junio 2011. Es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía con la colaboración del Centro de Investigaciones Económicas. Domicilio de la publicación: Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930. Tel. +52 (81) 8329 4150 Ext. 2463 Fax. +52 (81) 8342 2897. Editor Responsable: Jorge Omar Moreno Treviño. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2009-061215024200-102, ISSN 1870-221X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido No. 14910, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1182771. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de mayo de 2011. Tiraje: 30 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía, Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Impreso en México

Todos los derechos reservados

© Copyright 2011

ensayos.uanl.mx

Índice

<i>The General Impossibility of Neoclassical Economics</i>	1
Ben Fine	
<i>Dinámica de corto plazo del empleo en las maquiladoras de Reynosa, Tamaulipas</i>	2
Thomas M. Fullerton Jr., Juan Carlos Vázquez Morales, Martha Patricia Barraza de Anda	
<i>Inversión extranjera directa, factores del país receptor y crecimiento económico</i>	41
Edna Maeyen Solomon	
<i>Estudio sobre desarrollo económico: principios básicos, modelo y evidencia empírica</i>	71
Dmytro Chystilin	

The General Impossibility of Neoclassical Economics

Ben Fine*

Fecha de recepción: 28 IX 2010

Fecha de aceptación: 22 II 2011

Abstract

This article recalls how neo-classical economics prides itself both on its mathematical rigour and on the universal applicability of its principles, and how, on this basis, “economics imperialism” is colonising the subject matter of the other social sciences. Critics of the mainstream have emphasised the conceptual and theoretical weaknesses of reliance upon axiomatic deductivism and methodological individualism of a special type, as well as denying the image that the mainstream has of itself as emulating the natural sciences. In a complementary critique, this article demonstrates, by drawing upon Russell’s logical paradoxes, how results from within mathematics itself, as opposed to its application, impose unnoticed limitations upon the scope and consistency of the mainstream.

Keywords: individualism, holism, mathematical foundations.

JEL Classification: B41.

Resumen

En este artículo, se destaca que la economía neo-clásica enaltece el rigor matemático y la aplicabilidad universal de sus principios; también, el hecho de que el “imperialismo económico” se ha establecido como tema central de las demás ciencias sociales. Los críticos de la corriente principal han hecho hincapié en las debilidades conceptuales y teóricas de la dependencia hacia el deductivismo axiomático y el individualismo metodológico; al mismo tiempo, estos niegan la imagen que tiene la corriente neo-clásica de sí misma

*Department of Economics, School of Oriental and African Studies, University of London.
Address: Thornhaugh Street, Russell Square, London, WC1H 0XG, United Kingdom.
Email: bf@soas.ac.uk

Thanks to my brother Kit, a leading expert in these matters, for pointing to some relevant references in the philosophy of mathematics, to Costas Lapavistas, Roberto Veneziani and anonymous referees and other for comments on earlier drafts. Originally, there was a subtitle, “Or Does Bertrand Russell Deserve a Nobel Prize for Economics?”

2 *Ensayos Revista de Economía*

como una emulación de las ciencias naturales. En una crítica complementaria, este artículo demuestra, tomando como base las paradojas lógicas de Russell, cómo los resultados que vienen de las matemáticas en sí, a diferencia de su aplicación, imponen limitaciones desconocidas sobre el alcance y la coherencia de la corriente principal.

Palabras Clave: individualismo, holismo, fundamentos matemáticos.

Clasificación JEL: B41.

Introduction

Today, mainstream economics prides itself on its mathematical rigour and deploys mathematics to an enormous extent as indicative of disciplinary acceptability, thereby policing the exclusion of other forms of economics to an extraordinary degree. In the following section, I highlight the extent to which the use of mathematics has promoted a particular content within economics, one that has shifted only in its expanding scope of application since the formalist revolution of the 1950s. This sets the context for the main goal of this contribution: to assess the extent to which formal problems within, and not of, mathematical reasoning itself set constraints on what can be achieved within mainstream economics. In particular, mathematics has found it necessary to negotiate the consequences of Russell's paradoxes, laid out in Section 2. Placing mathematics on sound foundations is found to have potential implications for, or limitations on, what can be achieved by mathematics in its applications. These limitations have been totally and unconsciously ignored within economics despite its heavy use of mathematics. In particular, as argued in Section 3, for an economic theory based on methodological individualism, there are severe limitations upon the extent to which social properties can be consistently addressed – whether micro can be fully and legitimately extrapolated to macro. This raises questions over whether what have now become increasingly standard concepts within mainstream (micro)economics, such as institutions, liquidity and the state, can be properly or fully addressed given its methodology and the requirements of mathematical logic. One or other of the latter has to give, and the final section draws the conclusion that methodological holism needs to take precedence over methodological individualism if the social is to be able to be fully addressed in principle, consistently and without limitations.

As misunderstandings have arisen in comments on earlier versions of this paper, it makes sense to emphasise what it does not seek to do. It does not seek to resolve Russell's paradoxes, to provide a contribution to the philosophical foundations of mathematics (or, indeed, to assert that these are

either necessary or unavoidable).¹ Nor does it establish a position on the relationship between mathematics and either economic theory or the economy. Nor do we disprove the possibility of methodological individualism and its application to the new institutional economics or other social constructs in pure or mixed forms. Rather, the intention is merely to point out the implications of certain arguments within set theory for the logical (in)consistency of deploying mixed notions of micro and macro, of the individual and the social or relational. In this sense, the paper is both more and less general than is suggested by its title (itself motivated by a dramatic intent). For the critique is of methodological individualism as a whole and not just a narrowly defined neoclassical economics, and there is no impossibility as such as opposed to the observation of unrecognised restrictions on what can be achieved in principle and, on occasion, in practice as notions of the state, identity, liquidity, institutions and so on are liable to be deployed in what will be shown to be mutually inconsistent ways. In this light, the critical points offered in this paper apply equally to behavioural economics in its various forms, despite its added claims to realism especially in response to the global financial crisis. This is so to the extent that it seeks to derive explanations out of a construction of the social or macro from the richer conceptualisation of the individual.

Nor it should be added, am I claiming that the corresponding consequences are in some sense the most powerful form of criticism of the mainstream either in principle or in practice.² They derive from axiomatics, other critiques do not, but the latter have been observed more in the breach by the mainstream. This does suggest, however, that what drives mainstream economics is not mathematical rigour or logic as such but these only in so far as they are consistent with an unquestioned set of techniques that are all too familiar – those involving optimising individuals, with given production and utility functions, and in search of equilibrium,³ for example, Moscati (2005). The technical apparatus is hedged with convexity assumptions and the like that the unsuspecting economist would not have thought of in advance but for the need to grind out equilibrium with efficiency properties. This is the key to how the mainstream would react to this contribution or how it would respond to Russell's paradoxes if brought to its attention. They would simply be ignored, or observed only in passing on regardless often with accompanying misinterpretation, as for all contributions that do not conform to continuing use of standard techniques. If economic realities can so often be overlooked if they get in the way of the theory, it is hardly surprising if

¹ See Putnam (1983).

² See Lukes (1968), for example, for a classic critique of methodological individualism.

³ And hence a shifting meaning in what is meant by mathematical argument and rigour to conform to the dictates of mainstream economics, Weintraub (1998).

the same should apply to the esoteric requirements of the philosophical foundations of mathematics.

1. Formalism and Content in Economic Theory

Blaug (1999, 2001, 2003) has dubbed the period between 1945 and 1955 as one in which economics went through a “formalist revolution.” There is no doubt that this decade does mark a watershed in the evolution of the discipline, and it is readily recognisable that use of mathematical presentation (and statistical techniques) ratcheted up in and, especially, after that period. It also gathered such a momentum that formal mathematical presentation is now taken as essential in what are perceived by orthodoxy to be all of the leading journals. As a major player in that formalist revolution, Debreu’s (1986, 1265) commitment to formalism with economics, in a sense, as a conceptual add on, could not be plainer:

“An axiomatized theory first selects its primitive concepts and represents each one of them by a mathematical object ... Next assumptions on the objects representing the primitive concepts are specified, and consequences are mathematically derived from them. The economic interpretation of the theorems so obtained is the last step of the analysis. According to the schema, an axiomatized theory has a mathematical form that is completely separated from its economic content. If one removes the economic interpretation of the primitive concepts, of the assumptions ... its bare mathematical structure must still stand.”

In other words, economic interpretations stand on the mathematical structure, and both are surely worthy of attention without taking the latter as necessarily totally unproblematic.

For the former, though, following the formalist revolution, the scope of application of the technical apparatus began a process of expansion of application. From a logical point of view, its principles, such as utility maximisation, are universal. So, once established in form and content as lying at the heart of the discipline, it was inevitable that the traditional confinement to (aggregate) supply and demand on the market should be breached. There began a process of colonising the discipline, so much so that Lucas (1987, 108) could claim, “the term ‘macroeconomic’ will simply disappear from use and the modifier ‘micro’ will be superfluous,” cited by Davis (2003, 35). And the forward march of microeconomic principles was also extended to other disciplines as the optimising individual became perceived as engaged in pursuit of self-interest across all activities, economic

or otherwise. As argued by Fine and Milonakis (2009), such economics imperialism has gone through two phases. The first, with leading representative Gary Becker, perceived all economic and social life as if the consequence of optimising behaviour and as if perfectly markets were present. The second phase still draws upon the idea of economic rationality but with the non-market as the rational response to market imperfections.

In short, economics created a conceptual and mathematical apparatus in order to solve a particular problem of its own making, embracing huge technical qualifications along the way. These have now been conveniently forgotten in applying the technical apparatus as widely as possible. How, and with what confidence, this is now done is strikingly revealed by Demsetz (1997, 1). He opens, “The strong export surplus economics maintains in its trade in ideas and methods with the other social sciences is an important indicator of the success of economics. Not much has been said about the source of this success, but it has been attributed largely to advantages offered to other social sciences by the economics tool kit ... The emphasis here is on the broad scope of the phenomena that can be explained by our tool kit,” emphases added. Further, he continues by boasting of the achievements of the discipline, “Economics may be judged the more successful social science because it has explained phenomena within its traditional boundaries better than the other social sciences have explained phenomena within their respective traditional boundaries. The primacy of economics may be established in this sense even if economics never influenced the other social sciences” (Demsetz, 1997, 2).

Such sleight of hand in using the economist’s hammer to slice, as it were, the social scientist’s bread would be impossible but for the orthodox economist’s failure to respect knowledge of methodology and history of their own discipline, and to question a false stylised belief that their own practice emulates that of the natural sciences. Thus, significantly, in his defence of orthodoxy, Dasgupta (2002, 57) opens by confessing that, “Most economists ... have little time for the philosophy of economics as an intellectual discipline. They have even less patience with economic methodology. They prefer instead to do economics ... There is much to be said for this habit ... I know of no contemporary practicing economist whose investigations have been aided by the writings of professional methodologists.” Further, neglect of history of economic thought is justified by reference to the methods of the natural sciences, “You can emerge from your graduate studies in economics without having read any of the classics, or indeed, without having anything other than a vague notion of what the great thinkers of the past had written,”

for “She reads Ricardo no more than the contemporary physicist reads James Clerk Maxwell” (Dasgupta, 2002, 61).⁴

The corresponding drive to mathematical deductivism in principle, and its particular content in practice, can be seen to be a reflection of one side of Polanyi’s double movement in the rise of capitalism, disembedding homo economicus from society. Significantly, it is the rise of capitalism that prompted social theorists from Weber through Marshall, Schumpeter, Parsons and Polanyi to accept the creation of an alienated economic self-interest as a social driving force, appropriately to be isolated and studied on the basis of methodological individualism (in contrast, for example, to the evolutionary and institutional schools of economic thought associated with Veblen). But each, in a different way and to a different extent, denied that such economic analysis could exhaust economics let alone social science. For Parsons, for example, sociology was to be distinguished from economics by its method and not by its subject matter. And with the subsequent rise of economics imperialism following the formalist revolution within economics, Polanyi’s double movement is unconsciously parodied by re-embedding the social within the economic. In addition, the isolated project of extracting the technical implications of economic rationality was wedded to the more widespread emergence of modernism and analytical philosophy, in which as much thought and reason as possible is reduced to formal mathematics, thereby creating a dualism between the rational and the irrational (the artistic and the cultural for example). But, as a precondition, the same principle applied to mathematics itself. Could it be reduced to a coherent axiomatic and deductive system as the basis for its application to the natural or social worlds? Such was the problem posed for analytical philosophy in general and for the philosophical foundations of mathematics in particular, with Bertrand Russell to the fore.

2. Russell’s Paradoxes

In 1950, Bertrand Russell was awarded the Nobel Prize for Literature. He might more appropriately have been honoured with the Prize for Peace, given his ardent commitment to the Campaign for Nuclear Disarmament. Yet, intellectually, his greatest contribution has been in philosophy for which there is no Nobel Prize. In particular, he is remembered for his paradoxes and their implications for the logical foundations of mathematics.

⁴ See Mosini (2007) for the huge difference between economics and the natural science, not least in the latter’s inductive checks on the realism of its assumptions and its conceptualisation of equilibrium as a state of tension rather than as rest.

The purpose of this contribution is to examine the implications of Russell's paradoxes for economic theory. It has, after all, become highly mathematised. And, not surprisingly, there has been considerable debate over the appropriate contribution that mathematics can make to economic theory, especially from those adopting an increasingly marginalised heterodox position.⁵ Criticism of mathematical methods has been heavily concerned with whether their application to economics imposes limitations on the scope and content of theory or whether it is, or can be, purely a facilitating device for clarity and rigour. For Marshall, followed by Keynes, for example, mathematics served at most as an aid to clear thinking and not as a model or representation of the real world. Subsequently, focus of debate has been on the axiomatics and formalism of mainstream economics, as realised in its reliance upon the deductive method, together with its increasing reliance upon mathematical modes of rhetoric and a particular set of technical assumptions, Backhouse (1998). By complete contrast, attention here is focused on the almost neglected issue of the inner limitations of mathematics itself as a deductive method, prior to its application to economics, and the implications of these intrinsic limitations for economic theory.

This is where Russell's paradoxes are relevant.⁶ For, whatever the merits of mathematics in its application to economics, these are pre-conditioned by the limits of mathematics itself as a logical system, a matter that has tended to be entirely overlooked in the (methodology of) economics literature.⁷ Thus, there are problems, or limitations, within as well as of deductivism even as a mathematical method.

The most popular form in which Russell's paradoxes are known is through the following proposition: "the ship's barber shaves all those on board who do not shave themselves." The conundrum is that if the barber shaves himself, it follows that he does not, and vice-versa. The proposition would appear to be self-contradictory.

It is now generally accepted that this paradox is mere word play, a trick of language. The paradox can be resolved by denying the existence of such a barber, just as we can easily construct an inconsistency by assuming both A and not A. But Russell's paradoxes in set-theoretic terms are more

⁵ See collection edited by Dow (1998), for example, and Chick and Dow (2001).

⁶ We leave others to investigate the implications of other results within the logic of formal systems, such as Gödel's incompleteness theorems. There is also the issue of what sort of mathematics and mathematical assumptions are appropriate to economics – continuity, computability, and so on. See Velupillai (2005) for a contribution and other references of interest.

⁷ Giocoli (2005) for a partial exception.

challenging. Let S be the set of sets that do not belong to themselves. Then if S does belong to itself, it does not, and vice-versa. Inconsistency arises once more. To resolve it barber-wise would be to require that the set S does not exist, not a matter of semantics but a genuine limitation on our freedom to define the existence of sets.

One way of interpreting this conundrum, standard within mathematical logic, is in terms of an incompatibility between two different ways of defining sets. Sets can be defined in terms of their properties or sets can be defined by the individual elements they contain – greenness, for example, as a property, as opposed to collecting objects together that happen to be green. As each of Russell's paradoxes demonstrates, these two approaches are incompatible. We can define whom the barber shaves in terms of individuals or in terms of (not) shaving but not both. And we can define sets by their members or by their properties (belonging to or not) but not both without limit for risk of inconsistency.

Thus, an immediate way out of the paradoxes is to separate the elemental (what belongs or membership) notion of set from the relational (what property or class) notion. In other words, the paradoxes arise because, contrary to our intuition that these two approaches might be compatible, it is not possible to lump them together as a mutually consistent way of defining sets. As Gödel (1983, 452) puts it, Russell has the effect of "bringing to light the amazing fact that our logical intuitions (i.e., intuitions concerning such notions as: truth, concept, being, class, etc.) are self-contradictory". In short, mathematics itself does not allow us a free hand in the formation of "sets," by free use of both elemental membership and relational property.

This, then, raises the question of exactly how far we can go in extending the elemental/individual/membership definition of sets to incorporate the relational/properties/class definition without re-introducing Russell's paradoxes, or vice-versa. Gödel (1983, 452/3) points out that Russell saw resolution in "two possible directions ... which he called the zig-zag theory and the theory of limitations of size, respectively, and which might perhaps more significantly be called the intensional and the extensional theory. The second one would make the existence of a class or concept depend on the extension of the propositional function (requiring that it be not too big), the first one on its content or meaning (requiring a certain kind of 'simplicity', the precise formulation of which would be the problem)." Put more simply, we do not allow all sets to be defined whether by elements or properties without restriction. This might be done by excluding sets that belong to sets and so consideration of those that do not belong. Thus, "The paradoxes are avoided by the theory of simple types," clarified in a footnote as, "individuals, properties of individuals, relations between individuals,

properties of such relations, etc ... Mixed types ... are excluded,” emphasis added. He continues, “That the theory of simple types suffices for avoiding also the epistemological paradoxes is shown by a closer analysis of these,” Gödel (1983, 455). A weaker solution, generally attributed to Ernst Zermelo,⁸ would be that, “the sets are split up into ‘levels’ in such a manner that only sets of lower levels can be elements of sets of higher levels,” Gödel (1983, 459).

This way of proceeding has become known as the iterative (or extensional) concept of set as opposed to the intensional. As Wang (1983, 537) suggests:

“The iterative concept of set is of course quite different from the dichotomy concept which regards each set as obtained by dividing the totality of all things into two categories (viz. those which have the property and those which do not).”

In this light, Wang (1983, 541) identifies two different responses to the paradoxes, the “bankruptcy (contradiction) or misunderstanding (error)” theories. For the error approach, sets are perceived not to have been properly understood. Hence, the goal is to “uncover flaws in seemingly correct arguments” by restricting the definition of a set more in conformity to intuition, as for Zermelo and the iterative method, Wang (1983, 542). For the bankrupts, basic intuition is contradictory and can only be salvaged by ad hoc devices such as Gödel’s appeal to Russell’s notion of simple types, where mathematical requirements or, more exactly, restrictions are imposed to preclude paradoxes. For Wang, in interpreting Gödel, there is a shift in position from misunderstanding/error to bankruptcy/contradiction corresponding to the shift from the foundations of mathematics to the more general logic of truth, concept, being, class, etc. Mathematics as such requires something like the iterative conception of sets in order to preclude contradictions but without thereby restricting the mathematical properties that are sought. But to impose such restrictions outside mathematics to a more general subject matter would be arbitrary. Indeed, “The full concept of class (truth, concept, being, etc.) is not used in mathematics, and the iterative concept, which is sufficient for mathematics, may or may not be the full concept of class ... In relation to logic as opposed to mathematics, Gödel believes that the unsolved difficulties are mainly in connection with the intensional paradoxes (such as the concept of not applying to itself) ... In terms of the contrast between bankruptcy and misunderstanding ... Gödel’s view is that the paradoxes in mathematics, which he identifies with set theory, are due to a misunderstanding, while logic, as far as its true

⁸ Hence giving rise to the standard Zermelo–Fraenkel set theory.

10 *Ensayos Revista de Economía*

principles are concerned, is bankrupt on account of the intensional paradoxes”, Wang (1983, 537/8).

Now Benacerraf and Putnam (1983, 4) adopt a more tempered tone than the “bankruptcy (contradiction) or misunderstanding (error)” approach of Wang referring, respectively, to reformists and apologists. For them, “Inevitably, the reformers and the apologists rub elbows. But the distinction is a vague one and we should not try to make too much of it.” From a formal point of view, both sides need to offer restrictions on set formation in order to avoid contradiction. The issue is whether such restrictions are functional (allowing mathematics without in-built inconsistency), intuitive (apparently reasonable), or appropriate (to the subject matter other than mathematics but to which the mathematics is being applied). But what is clear is that the extensional, iterative (individualistic) approach is only at most demonstrably acceptable for the pure science of mathematics. Once it is extended to other areas, such as truth, concept, being, class, etc, the restrictions needed to provide the foundations for mathematics have neither intuition nor basis. As Boolos (1983, 490) puts it, citing Russell (1959, 80):

“These theories appear to lack motivation that is independent of the paradoxes in the following sense: they are not, as Russell has written, “such as even the cleverest logician would have thought of if he had not known of the contradictions”. [Thus] a final and satisfying resolution to the set-theoretical paradoxes cannot be embodied in a theory that blocks their derivation by artificial technical restrictions on the set of axioms that are imposed only because paradox would otherwise ensue; these theories survive only though such artificial devices.”

Put another way, mathematics can be rescued from the paradoxes by the iterative concept of set. But, there are other ways of resolving the paradoxes, those giving emphasis to the intensional as opposed to the extensional approach for example, each with its own properties and restrictions, Fine, K. (2006). But, in applying mathematics outside of its own immediate domain, the restrictions needed to avoid paradoxes should be specific and appropriate to the object of analysis involved. In a nutshell, underpinning consistency to ensure that $2 + 2 = 4$ is not the same thing as dealing with the conceptual foundations of the natural or the social sciences.

3. Implications for Economics

But it is precisely the application of mathematics to economic theory that is under scrutiny. Does it make sense to limit the formation of sets to some

form of iterative concept in the context of economic theory? Or is some other resolution required of Russell's paradoxes? Consider the New Institutional Economics, NIE. In a useful, if necessarily partial, overview of its evolution and a survey of its current state of play and prospects, Richter⁹ (2005, 171), appropriately suggests that it is primarily based upon mainstream neo-classical economics:

“the foundation stones of the NIE are the same as those of neoclassical economics: methodological individualism and individual rational choice given a set of constraints. However, due to transaction or information costs, information is limited and thus institutions matter.”

As will be familiar to all academic economists, this means that the NIE accepts the importance of institutions but seeks to explain them, to endogenise them, albeit on the basis of aggregating over the optimising behaviour of individuals, this behaviour itself potentially modified in light of informational constraints and historically evolved institutions (and possibly other exogenously given motivations and limits on calculation). In short, there is a presumption that something, the institutional, exists independent of, but connected to, individuals. The latter both form the institutional and respond to it.

In this respect, there is a sharp difference with the old institutional economics (and the vast majority of non-rational choice social science) for which the institutional, and the social more generally, make up the analytical starting point. Not surprisingly, mainstream economics has displayed scant respect for such alternatives but has increasingly sought to reconstruct it on the basis of its own methodology, such is the nature of the current phase of “economics imperialism,” see Field (1979) for an early recognition of this and Fine and Milonakis (2009) for a full discussion. Of course, the new institutional economics displays much more in motivation and content than relying exclusively upon rational choice. As such, it adopts mixed methods around individual and social behaviour. This still leaves open whether these mixes are mutually consistent when fully explored for their logical implications.

Interestingly, if necessarily inadvertently, Benacerraf and Putnam (1983, 28) pinpoint precisely the way in which the iterative concept of set parallels that of methodological individualism because, for the former,¹⁰ “there is *some*

⁹ Himself the longstanding editor of the *Journal of Institutional and Theoretical Economics*.

¹⁰ In their *Preface*, they note that, “we have tried also to narrow the range of *philosophical* issues discussed in the selection to ones that could most easily be recognized as

relation of ‘priority’ that is transitive, irreflexive, and asymmetrical, and such that the members of any set are always *prior* to the set.” That the extensional, in set theory, should prevail over the intensional, has its counterpart in methodological individualism – the elemental individual has priority over the social relational, structural or whatever. In other words, the institutional derives from the priority of the individual over the higher level without total feedback (reflex and symmetry).¹¹ If the latter are allowed, paradoxes are liable to ensue. Is it possible, however, to formalise this correspondence between the foundations of set theory and (the new) institutional economics?

At first blush, even a casual perusal of the literature will reveal that there is ambiguity over the definition of what constitutes an institution, in the NIE and more broadly. The reason for this is relatively simple as it is an immediate consequence of an approach based on methodological individualism. Institution becomes a metaphor for all non-individualistic aspects, so it ranges over everything from collective action to ideology. But, putting this aside for the moment, an institution must, at the very least, involve more than one person if only in the limited sense of an individual at least reacting with something, if not necessarily somebody, else. Institutions can, for example, be impersonal, and relate to each other.

For the sake of simplicity for the moment, assume that society consists of just two people, *a* and *b*. In terms of forming an institution, whether it be mutual respect of property rights or common language or custom, then there is, in the first instance, only one option. This is the institution made up out of membership by both *a* and *b*. This is readily expressed in set-theoretic terms by $\{a, b\}$. Subject to the content of the institution, left unspecified for generality, does this fill out the institutional structure of this elementary society as there are no other sets of individuals other than the individuals themselves $\{a\}$ and $\{b\}$?

The answer is no and the reason for this is that both *a* and *b*, as individuals, can relate to the institution $\{a, b\}$. This might appear to be fanciful. Why not consider *a*’s or *b*’s relations to $\{a, b\}$ to be part and parcel of the institution of $\{a, b\}$ itself? First, there are logical reasons why not – the set $\{a, b\}$ is distinct from the set $\{a, \{a, b\}\}$, or $\{b, \{a, b\}\}$ and $\{a, b, \{a, b\}\}$ for that

concerning the philosophy of *mathematics*”, p. vii, so there is little scope for explicit consideration of extension to the social sciences.

¹¹ Even more simply, for Wang (1983, 530), if we substitute institution for set:

“A set is a collection of previously given objects; the set is determined when it is determined for every given object *x* whether or not *x* belongs to it. The objects which belong to the set are its members, and the set is a single object formed by collecting the members together.”

matter. More intuitively, $\{a, b\}$ is an institution to which its constituent members a and b can relate. If the institution $\{a, b\}$ is the one of language for example, a and b do not simply talk to one another, they also relate to the language itself independently of talking to one another. Otherwise, of course, the language could never change, as for it to do so depends upon a for example seeking to change $\{a, b\}$ – or, more exactly, the (here unspecified) institutional content attached to $\{a, b\}$. And the same applies whatever is the institutional substance attached to $\{a, b\}$, custom, property rights, ideology, and so on. In any case, more generally than for our two-person society, institutions, I and J say, also interact with one another to form the higher level institution, $\{I, J\}$ which, in membership terms, would be made up of a set of sets.

Thus, it would be an impoverished notion of institutions, and of institutional structure as a whole, if the only institutions considered are collections of individuals.¹² For Douglass North, for example, one theory of the state is that it may represent the interests of the monarchy but the institutional structure depends upon how the governed customarily respond to corresponding property rights, ultimately rebelling against them when incentives to do so are strong enough, Fine and Milonakis (2003; 2009) for a critical exposition. If the state and its citizens did not together constitute a higher level institution, the one could never be overthrown by the other whether for reasons of allocative efficiency, shifting property rights, or ideology.

Somewhat differently, Stiglitz (1989, 21) asks, “in what does the government have a comparative advantage?,” and answers in terms of its distinctiveness as an institution, namely that membership is universal and that the state has powers of compulsion, presumably over its citizens at a higher level than their membership of it alone. In other words, not only is the state embroiled institutionally with its citizens (and, presumably, other lower level institutions), it also has a relationship (of compulsion) to them by parallel with the intensional notion of set. In this case, the institutional structure includes the state and its citizens and the powers of compulsion. This is, in Gödel’s term a mixed type and should be ringing alarm bells. But such mixed types are common within institutional economics as theory, and empirics, moves seamlessly between individual members and their behaviour and properties connecting them. In Peck’s (2005) terms, it is all a bit “dirty.”¹³ Nonetheless, once again, it is apparent that the literature does,

¹² As is recognised in the formal theory of networks, themselves to be considered a form of institution, with networking across networks, etc.

¹³ See Fine (1980) and Hodgson (2007) for the failure of methodological individualism in practice for always having to assume as prior something as social for individuals to work upon.

absolutely correctly, perceive institutions in formal terms as embodying a complex set-theoretic content and not simply sets of individuals.

In this respect, Akerlof's work is particularly illustrative. He moves unquestioningly between social norms and the like and individual conformity to them to a greater or lesser extent. We have both the social and the individual, the extensional and the intensional in set-theoretic terms. There is a presumption that these are consistent with one another. But consider the specific example of (the economics of) identity addressed by Akerlof and Kranton (2000). By appeal to the metaphor of choosing to be red or green, groups (*i.e.*, sets of individuals) are formed, extensional. But identity is a property, greenness or redness, intensional. Whatever its other merits as a theory of identity (and it falls foul of what the meaning of identity is and how it is constructed and construed), the approach is caught out by Russell's paradox. Perhaps the easiest way to see this is in terms of the set N of those who do not have an identity. They do then, of course, have the identity of not having an identity! Be this as it may, individuals surely relate to a property of identity as well as constituting themselves in relation to it.¹⁴ Of course, like the barber, such a non-identity as identity could be excluded. But what other identities are necessarily precluded by constructing them in the individualistic way deployed by Akerlof and Kranton. And why should the individualistic prevail over the relational notion, and why are the two not seen to be potentially incompatible?

But we digress from the point of motivating the more formal idea that the institutional structure of our simple society potentially includes at least the following $\{a, \{a, b\}\}$, $\{b, \{a, b\}\}$ and $\{a, b, \{a, b\}\}$, together with our two individuals $\{a\}$ and $\{b\}$.¹⁵ But we have no reason to stop at this point. The defining characteristic of an institution, or the social more generally, is that it relates to other institutions (and to individuals). Consequently, we can carry on building up institutions indefinitely. Linguists might study our current set of sets just listed, but they might form themselves into a professional

¹⁴ For a more extended critique of Akerlof and Kranton (2000) on this and other issues, see Fine (2009).

¹⁵ It is a moot point whether individuals $\{a\}$ and $\{b\}$ are themselves institutions or not. Simple-minded ruling out of inner speculation would suggest that a and $\{a\}$ are the same as one another. But allowing reflection from society back upon oneself would forge a difference between the two as an external influence, albeit one itself forged presumably out of aggregated individual interaction. The Robinson Crusoe metaphor for decentralised general equilibrium, for example, allows for the institution of the market independent of Robinson himself but with which he interacts as both producer and consumer. No doubt, he also talks to himself. Note that the fanatically consistent purveyor of the economic approach to all social science, Gary Becker (1996, 18), is mathematically correct to deny individual's the right to meta-preferences but is formally nonsensical in attaching a lack of reason to rationality, Sen (1977).

institution, and they themselves might be studied by educationalists, governing and funding bodies, and so on. In principle, even on the basis of a two-person society, the potential for institutional structure grows indefinitely. An institution of the sets just listed can form a new institution, similarly with these, and so on ...

At what point do we call this process to a halt as surely we must in order to be practicable, although it should be observed that maximal institutions are liable to be the most powerful, not the most marginal in that they condition all others? For the sake of argument, let X be some sort of maximal institution (that might not be unique as in a system of nation-states that can be constituted in different ways in making up the system of nation-states). We might have the abstract notion of the state in mind for example, or ideology, custom or culture. Now if X is to have any effect on society, it must interact with other institutions or individuals, with a say, just as individuals interact with the state, custom or culture. Otherwise, we do not have an institution as such, only its constituent members, totally disconnected from "society." In other words, (lower level) institutions and individuals have to interact with an institution; otherwise it is an institution in name alone. It follows that $\{X, a\}$ is an institution, contradicting the presumption that X is maximal.

In other words, it follows that the institutional structure is boundless. Is this some sort of trick? If I relate to the state, this relationship is a super-state to which I also relate and so on. The problem is that if we both base ourselves on methodological individualism and wish to construct an institutional structure that is distinct from the individuals themselves, that institutional structure does expand without limit. If it did have a limit, an individual could not relate to it without creating a contradiction. And, otherwise, if individuals do not relate to the highest level of institution, it is not clear how that institution could ever change or be replaced. Of course, we could fall back upon the infamous position of Mrs. Thatcher, that there is no such thing as society just a collection of individuals (or families). But this would be against the spirit of the NIE which seeks to construct a notion of society distinct from, but built upon, its individuals. In other words, if we try and get, as it were, at the institution "from below," through the aggregate interactions of individuals, and by analogy with the iterative or extensional conception of set,¹⁶ then we are unable to obtain institutions with relational properties without potentially generating inconsistency.

¹⁶ To pursue the analogy, Putnam (1983, 310) concludes:

The real significance of the Russell paradox ... is this: it shows that *no* concrete structure can be a standard model for the naïve conception of the totality of all sets; for any concrete structure has a possible extension that contains more "sets".

Does this matter? Consider now a society made up of any number of individuals. As before, an institution is defined by the agents that make up its constituent membership, and who interact with one another, with individuals as starting point. Let I be a set of institutions a member of which is defined by its not being a constituent member of itself. Formally, $I = \{i: i \text{ belongs not to } i\}$. Does I belong to itself or not? If it does, then I is an institution that belongs to an institution (itself) and so it does not belong to I by definition. If, however, I does not belong to itself, then it does belong to itself. Either way we have an inconsistency. In other words, by allowing all possible institutions to be built up out of constituent elements (or individuals), we create a contradiction in constructing an institution that neither interacts with itself nor does not interact with itself. By analogy with responses to Russell's paradoxes, the extensional and intensional definition of institutions are mutually inconsistent unless subject to restrictions. But it is not clear why we should prohibit certain types of institutions at the outset, even without knowing what they would be, just in order to avoid set-theoretic inconsistency. Nor would it appear to be reasonable, both in principle and in practice within the literature, to resolve this conundrum purely in favour of the extensional approach, thereby denuding the institutional of generic properties as reflected in the notions of custom, ideology, compulsion, culture, identity, and the like.

As a further, specific example, consider the case of money. This is often thought of as an institution from a variety of perspectives. It involves trust, financial organisations and governance, customary practice, and so on. Money raises two issues – what it is and how does it arise? It is also attached to a social property, as is recognised in the terminology of liquidity. From the perspective of methodological individualism, money arises out of accumulated acts of (potential) exchange. The liquidity of a particular good, m , say, is represented by the goods with which it can always exchange $\{g_1, g_2, \dots, g_n, \dots\}$. Typically, money in general is more broadly exchangeable against other goods and so attached to larger sets in this respect, with non-moneys only exchangeable with moneys. As is recognised in the definition of money in practice, some moneys are more liquid than others, and moneys may have different, if overlapping, spheres of exchangeability. Sometimes credit cards will serve where cash will not, and sometimes only cash will do. And, in principle and in practice, some moneys exchange not only against goods but against other moneys, so such moneys are exchangeable against goods and the set of goods that represents the liquidity of other moneys. Thus, some moneys will not only dominate others but also be able to purchase them and not necessarily vice-versa. In this respect, m_1 , say, can be considered to include m_2 , say, in its exchangeability set which is itself representative of an exchangeability set. Once again, the institutional structure of money is comprised of sets of sets and not just sets of goods.

Now liquidity, as mentioned, is a social property reflecting capacity to purchase and, by the same token, inability to purchase. So application of the notion of liquidity must allow for both liquidity and illiquidity. Accordingly, let M be the set of moneys (or goods if you prefer) that are not liquid with themselves. Does M belong to itself? If it does, it does not and vice-versa. We have an inconsistency as before. Expressed in terms of the social property of liquidity, if a money is liquid, it can buy anything including its own capacity to purchase. This will contradict any notion of money/liquidity built up out of its constituent or elemental acts of exchangeability, since a “maximal” money will be self-contradictory, both able and unable to purchase its own capacity. This is not so fanciful as it seems. Is there a banknote that could purchase all other liquidities? We suspect not because it would have to be able to purchase itself and more, and so be more valuable than itself! Or, to put it more mundanely, if I were rich enough (and all logical possibilities need to be allowed), I could purchase the right to issue US dollars, contradicting the dollar as ultimate (or maximal) currency as it were, since I could then create a newer, bigger currency with greater properties of exchangeability. In short, as before, there are three points here that can be made explicit. The first is that generic and individualistic notions of liquidity are mutually inconsistent. When economists of a neoclassical bent talk about assets being more or less liquid, we have to ask them less liquid than what, and they can only answer by excluding certain types of liquidity that have remained unspecified.¹⁷ At least a super money (can purchase anything) must be excluded for the acceptability of a theory of liquidity based on methodological individualism (since it cannot purchase itself and remain super). Second, this exclusion is only a partial solution since we do not know what other sorts of (potentially differing sets of) non-individualistic forms of liquidity need to be excluded on this basis. Third, the mainstream and more proceed oblivious of these inconsistencies and requirements, and simply presume compatibility between individualistic and relational notions.

Broader Considerations by Way of Conclusion

The technical results of the previous discussion are very simple and can be derived formally at least by virtue of a few lines of set theory alone. What comes in addition is offered more by way of background and motivation for what is after all, the loosest and most general definition of an institution (merely those who participate within it). Of course, the mathematical results,

¹⁷ I hesitate to impose such abstract considerations upon the real world but this is precisely what financial regulation is about in some respects, defining what or what not might be traded including, if it is for granted, the right of regulation.

as opposed to their institutional interpretation, are not new. Significantly, as seen, the issues concerning the relative merits of individualistic or elemental and holistic or property approaches have themselves been debated within the mathematics and philosophy literature in ways that shed considerable light on the case for and against methodological individualism. Indeed, it is only necessary to make marginal changes to the language used in transposing arguments from the mathematical/philosophy/natural science domain to that of the social sciences.

In the specific case of institutions, or the social more generally, the iterative or individualistic approach is entirely inappropriate. It would mean that individuals have priority that is irreflexive and asymmetrical, precluding a full portfolio of feedbacks from institutions to those individuals. Or institutions are confined to simple types for which (more or less arbitrary) mixed types are excluded. Or institutions at a higher level cannot interact with those (and individuals) at a lower level. Surely intuition of what comprises an institution would rule out such artificial devices, not least because the cleverest of neoclassical economists would not have thought of them other than in order to rule out contradictions. More generally, if economics confines itself to the iterative conception, equivalent to mathematics as pure science as opposed to its intuitive application to the real world, then it cannot proceed beyond the deductive tautologies or mathematical truths to appropriate knowledge or logic of the economy and its institutions consistently.

Thus, with Russell's paradoxes translated into institutional terms, we cannot without restriction, have both institutions based on methodological individualism and institutions defined by their social properties. This does not mean that methodological individualism is refuted but it does imply that it cannot be extended to address institutions in a way that allows for social properties independent of those individuals. In this sense, Russell's paradoxes offer the conclusion of the general impossibility of the new institutional economics. Institutions cannot be derived that have social properties other than as a collection of individual interactions, unless certain institutional forms are precluded at the outset on the non-institutional grounds of pre-empting mathematical inconsistency. The alternative is to reject the element-based approach, or methodological individualism, and begin with properties, or social relations, independent of their individual elements, that is a systemic or holistic approach. This is, of course, anathema to mainstream economics and offers one explanation, or motivation, for why the implications of Russell's paradoxes for (the new institutional) economics should not have been explored despite the pride of place that mathematics and logic are purported to occupy within the mainstream.

This is not to say that the mainstream has been totally free of considerations that arise from the potential inconsistencies between extensional and intensional methods. These are exposed as extensive analysis from the individual exposes its own intensive limitations. It all began with the fiction of the Walrasian auctioneer – all price-takers means no price-makers. The problem of liquidity has already been discussed. The relationship between micro and macro remains a sore point, highlighted rather than resolved by the representative individual, and the same applies more generally to the various aggregation problems. Observance in the breach, if not ignorance, has been the fate, for example, of Arrow's Impossibility Theorem within social choice theory and, even more destructive for much of the intuition of the mainstream, the Cambridge Critique of Capital Theory. Nonetheless, to know that we cannot have a social welfare function based on pair-wise comparisons, a theory of production and distribution based on aggregate capital, and a full theory of the social or institutional based on methodological individualism is of continuing critical relevance.¹⁸ Let these results be broadcast broadly, especially where the mainstream proclaims its superior rigour and scientific status. As with many other aspects, this is to work with notions of mathematics and science that have been rejected by mathematicians and scientists themselves for a hundred years and more.

¹⁸ Note the striking parallel with the response of reformists and apologists to Russell's paradoxes (heterodoxy and orthodoxy, respectively, as far as economics is concerned), Benacerraf and Putnam (1983, 3):

“One way of describing the differences between these two groups is to say that, for one group, the epistemological principles have a higher priority or centrality than most particular bits of mathematics, and hence can be used as a critical tool; whereas for the other group just the reverse is the case: Existing mathematics is used as a touchstone for the formation of an epistemology, one of whose conditions of adequacy will be its ability to put all of mathematics in the proper perspective. To put it somewhat crudely, if some piece of mathematics doesn't fit the scheme, then a writer in the first group will tend to throw out the mathematics, whereas one in the second will tend to throw out the scheme.”

References

- Akerlof, G. and R. Kranton (2000). "Economics and Identity." *Quarterly Journal of Economics*, 115 (3), 715-53.
- Backhouse, R. (1998). "If Mathematics is Informal, Then Perhaps We Should Accept that Economics Must Be Informal Too." *Economic Journal*, 108 (451), 1848-58.
- Becker, G. (1996). *Accounting for Tastes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Benacerraf, P. and H. Putnam (1983). "Introduction" in Benacerraf and Putnam (eds) (1983).
- _____ (eds) (1983). *Philosophy of Mathematics: Selected Readings*, Cambridge: Cambridge University Press, second edition revised from (1964), Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Blaug, M. (1999). "The Formalist Revolution or What Happened to Orthodox Economics after World War II," in Backhouse and Creedy (eds).
- _____ (2001). "No History of Ideas, Please, We're Economists." *Journal of Economic Perspectives*, 15 (1), 145-64.
- _____ (2003). "The Formalist Revolution of the 1950s." *Journal of the History of Economic Thought*, 25 (2), 145-56.
- Boolos, G. (1983). "The Iterative Conception of Set," in Benacerraf and Putnam (eds), reprinted from *Journal of Philosophy*, 68, 1971, 215-32.
- Chick, V. and S. Dow (2001). "Formalism, Logic and Reality: A Keynesian Analysis." *Cambridge Journal of Economics*, 25 (6), 705-721.
- Dasgupta, P. (2002). "Modern Economics and Its Critics," in Mäki (ed).
- Davis, J. (2003). *The Theory of the Individual in Economics: Identity and Value*. London: Routledge.
- Debreu, G. (1986). "Theoretic Models: Mathematical Form and Economic Content." *Econometrica*, 54 (6), 1259-70.
- Demsetz, H. (1997). "The Primacy of Economics: An Explanation of the Comparative Success of Economics in the Social Sciences." Western Economic Association International 1996 Presidential Address, *Economic Inquiry*, XXXV (1), 1-11.
- Dow, S. (1998). "Editorial Introduction to the Formalism in Economics Controversy." *Economic Journal*, 108 (451), 1826-28.
- Field, A. (1979). "On the Explanation of Rules Using Rational Choice Models."

Journal of Economic Issues, 13 (1), 49-72.

- Fine, B. (1980). *Economic Theory and Ideology*. London: Edward Arnold.
- _____ (2009). "The Economics of Identity and the Identity of Economics." *Cambridge Journal of Economics*, 33 (2), 175-91.
- _____ and D. Milonakis (2003). "From Principle of Pricing to Pricing of Principle: Rationality and Irrationality in the Economic History of Douglass North." *Comparative Studies in Society and History*, 45 (3), 120-44.
- _____ and D. Milonakis (2009). *From Economics Imperialism to Freakonomics: The Shifting Boundaries Between Economics and Other Social Sciences*. London: Routledge.
- Fine, K. (2006). "Class and Membership," mimeo, but see *Journal of Philosophy*, 2005, 102 (11), 547-572.
- Giocoli, N. (2005). "In the Sign of the Axiomatic Method: Mathematics as the Role Model for Neoclassical Economics." Blanqui Lecture, European Society for the History of Economic Thought, ESHET, Ninth Annual Conference, Stirling, June 9-12.
- Gödel, K. (1983). "Russell's Mathematical Logic," in Benacerraf and Putnam (eds), reprinted from P. Schilpp (ed) (1944), *The Philosophy of Bertrand Russell*, Evanston and Chicago: Northwestern University, 125-53.
- Hodgson, G. (2007). "Meanings of Methodological Individualism." *Journal of Economic Methodology*, 14 (2), 211-26.
- Lucas, R. (1987). *Models of Business Cycles*. Oxford: Blackwell.
- Lukes, S. (1968). "Methodological Individualism Reconsidered." *British Journal of Sociology*, 19 (2), 119-129.
- Moscato, I. (2005). "History of Consumer Demand Theory 1871-1971: A Neo-Kantian Rational Reconstruction." Università Bocconi, Milan, mimeo.
- Mosini, V. (2007). "Introduction: Three Ways of Looking at Equilibrium," in Mosini (ed).
- _____ (ed) (2007). *Equilibrium in Economics - Scope and Limits*, London: Routledge.
- Peck, J. (2005). "Economic Sociologies in Space." *Economic Geography*, 81 (2), 129-75.
- Putnam, H. (1983). "Mathematics without Foundations," in Benacerraf and Putnam (eds).

22 *Ensayos Revista de Economía*

- Richter, R. (2005). "The New Institutional Economics: Its Start, Its Meaning, Its Prospects." *European Business Organization Law Review*, 6 (2), 161-200.
- Runde, J. (1997). "Keynesian Methodology," in Harcourt and Riach (eds) (1997).
- Russell, B. (1959). *My Philosophical Development*. New York: Simon and Schuster.
- Sen, A. (1977). "Rational Fools: A Critique of the Behavioral Foundations of Economic Theory." *Philosophy and Public Affairs*, 6 (3), 317-44.
- Stiglitz, J. (1989). "On the Economic Role of the State", in Heertje (ed) (1989).
- Velupillai, K. (2005). "The Unreasonable *Ineffectiveness* of Mathematics in Economics." *Cambridge Journal of Economics*, 29 (4), 849-72.
- Wang, H. (1983). "The Concept of Set," in Benacerraf and Putnam (eds), reprinted from H. Wang, *From Mathematics to Philosophy*, London: Routledge Kegan Paul, 1974, 530-70.
- Weintraub, R. (1998). "Controversy: Axiomatisches Mißverständnis." *Economic Journal*, 108 (451), 1837-47.

Dinámica de corto plazo del empleo en las maquiladoras de Reynosa, Tamaulipas

Thomas M. Fullerton, Jr.*
Juan Carlos Vázquez Morales**
Martha Patricia Barraza de Anda***

Fecha de recepción: 3 IX 2010

Fecha de aceptación: 15 II 2011

Resumen

Esta investigación analiza la dinámica de corto plazo del empleo en la industria maquiladora de exportación (IME) en Reynosa, Tamaulipas, México. El análisis se lleva a cabo con la estimación de parámetros y la metodología de funciones de transferencia lineales, ARIMA. A diferencia de otras economías metropolitanas, en las cuales se han completado estudios parecidos, el tipo de cambio real no resulta significativo. Las variables que sí resultan significativas, son las que incluyen actividad industrial en Estados Unidos, salario real y número de plantas activas. Simulaciones fuera de muestra realizadas indican que el modelo es relativamente preciso en las proyecciones de 1 a 24 meses.

Palabras Clave: maquiladoras, empleo, economía fronteriza.

Clasificación JEL: F15, R15.

Abstract

This research analyzes short-run payroll dynamics associated with the maquiladora export sector of Reynosa, Tamaulipas, Mexico. Parameter estimation is carried out using linear transfer function ARIMA analysis. In

* Department of Economics & Finance, University of Texas at El Paso.

Dirección: 500 West University Avenue, El Paso, TX 79968-0543.

Correo electrónico: tomf@utep.edu

Teléfono: 915-747-7747.

** Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

*** Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

El Paso Electric Company, Hunt Communities, JPMorgan Chase Bank de El Paso, James A. Baker III Institute for Public Policy de Rice University, UTEP College of Business Administration Faculty Research Grant Program, y el Consejo Nacional para Ciencia y Tecnología en México proporcionaron el apoyo financiero para este estudio. Agradecemos los comentarios y sugerencias de Alfonso Cortazar, Luis Gutiérrez y Lisbeily Domínguez.

contrast to other metropolitan economies for which similar econometric analyses have been completed, real currency movements are not found to be statistically significant. Explanatory variables that do satisfy the significance criterion include industrial activity in the United States, real wages, and the number of factories in operation. Out-of-sample simulations indicate that the model is relatively accurate for forecasts of 1 to 24 months into the future.

Keywords: Maquiladoras; Employment; Border Economics.

JEL Classification: F15, R15.

Introducción

En años recientes, se ha observado crecimiento considerable en las ciudades fronterizas del norte de México. Gran parte de esta expansión se debe a las actividades de la industria maquiladora de exportación (IME), lo cual ha generado demanda de trabajo en muchas zonas geográficas de la región. Este fenómeno se da porque la industria ofrece costos laborales atractivos y porque México cuenta con acceso a importantes mercados de insumos y de productos en los Estados Unidos. Algunos de los factores que más influyen en el establecimiento de plantas maquiladoras, muchas de las cuales son firmas americanas, han sido las ventajas comerciales, las ventajas de las políticas económicas de Estados Unidos y México, así como las ventajas de proximidad geográfica entre los dos países (Carrillo y Urquidi, 1989).

Como consecuencia de este proceso, varias economías fronterizas mexicanas han registrado crecimiento acompañado por un elevado proceso de integración a la economía mundial. Tres de estas ciudades pertenecen al estado de Tamaulipas. Las tres economías metropolitanas, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros, han experimentado crecimiento industrial en tanto que son centros de actividades maquiladoras.

En Reynosa, la industria maquiladora muestra un gran impulso debido a su localización geográfica, la infraestructura física, la fuerza laboral joven y los altos índices de productividad (Broughton, 2003). Para 1996, Reynosa contaba con 90 plantas maquiladoras y más de 42 mil empleos permanentes. Hacia el final de 2006, eran más de 135 plantas, las cuales generaban cerca de 95 mil empleos. La mayoría de estas fábricas se dedican entonces al ensamble de productos electrónicos o eléctricos y de algunos productos para interiores automotrices. El promedio del salario de bajo nivel, para trabajo de ensamble en las maquiladoras de esta ciudad, era de 70 pesos por día hacia mediados de 2003 (AEEMAQ, 2003). Así como en otras ciudades de la frontera, el sector maquilador ha preferido tradicionalmente la contratación de mujeres solteras entre 18 y 25 años (Young y Fort, 1994).

El comportamiento de la demanda de trabajo del sector maquilador generalmente se ve afectado por variables económicas regionales, nacionales e internacionales. Un estudio reciente para Ciudad Juárez, Chihuahua indica que las remuneraciones reales, el número de maquiladoras en operación, el índice de producción industrial para EEUU y el tipo de cambio real influyen sobre las fluctuaciones mensuales en el empleo maquilador (Fullerton y Schauer, 2001). Resultados similares se han documentado para otras economías urbanas del país, en cuyas regiones se sitúan actividades maquiladoras. Dentro de este contexto, el objetivo de este estudio es desarrollar un modelo econométrico que posiblemente ayude a explicar la dinámica del empleo en Reynosa, Tamaulipas.

Las secciones subsecuentes de esta investigación corresponde a: 1) una revisión de la literatura; 2) la descripción de los datos y la metodología; 3) el análisis empírico econométrico y los resultados de simulación fuera de muestra y, finalmente, las conclusiones y algunas sugerencias para investigaciones futuras.

1. Revisión de la literatura

La industria maquiladora de exportación (IME) es una de las principales generadoras de empleo y divisas en México. El impulso que se le dio al programa de industrialización de la frontera inició con una serie de acuerdos entre México y Estados Unidos para atraer actividades industriales a la región fronteriza, a fin de disminuir la tasa de desempleo en el norte del país (Ayer y Layton, 1974). El programa obtuvo éxitos rápidos y, por su parte, Brook y Peach (1981) revelan tendencias de crecimiento pronunciado de empleo, que son acompañadas de marcadas expansiones de la población.

Mendoza Cota y Calderón Villarreal (2000) muestran que, entre 1980 y 1993, la tasa promedio del crecimiento anual del total del empleo manufacturero de la región fronteriza fue de 5.8%. Los estados de la frontera norte que exhibieron las tasas de crecimiento promedio anual más dinámicas fueron: Chihuahua con 10.9%, Baja California Norte con 9.2%, Tamaulipas con 8.6% y Coahuila con 5.9%. Para 1992, del total del personal ocupado en la IME, en la escala nacional, el 34.2% se concentraba en Chihuahua, el 19.2% en Baja California y el 17.8% en Tamaulipas. Estas cifras indican que más del 50% del empleo generado por la IME, se concentraba en los estados de la frontera norte.

Gruben (2001) ofrece evidencia empírica de que los incrementos del empleo en las maquiladoras, en los 6 años posteriores al TLCAN (1994-1999), resultan por bajos costos de producción y no por el acuerdo entre EEUU,

México y Canadá. Coubés (2003) también destaca la contribución de la devaluación de la moneda al final de 1994, sobre el costo efectivo del empleo para las manufacturas. Esto ocurre particularmente en los mercados de trabajo fronterizos que están integrados al sistema económico mundial, sobre todo, al norteamericano.

La integración de las ciudades fronterizas entre México y EEUU contribuye a la expansión de las actividades económicas en la región fronteriza (Hanson, 2001). La IME en México ha sido sujeto de controversias; una de ellas, es: si las maquilas toman empleos de trabajadores americanos o de trabajadores de bajos salarios de las ciudades del pacífico (Gruben, 1990). Dávila (1990) estudia el impacto de la devaluación del peso de 1982 en las ganancias de las maquiladoras, y argumenta que, el número y el nivel de operaciones de las maquiladoras que se localizan a lo largo de la frontera, depende fuertemente del retorno de las inversiones que dichas plantas producen.

Otro de los impactos del programa de maquiladoras es el que se presenta en la relocalización espacial del empleo en EEUU (Silver y Pavlakovich, 1994). El estudio indica que los desplazamientos de empleo maquilador en EEUU, tanto en los estados no fronterizos como en los fronterizos, son causados por incrementos en las actividades de la industria maquiladora. Pocos estudios están disponibles para validar la naturaleza y extensión del impacto de la influencia de las maquiladoras en las economías fronterizas. Patrick (1989) sugiere que las oportunidades para las comunidades del sur de Texas radican en la diversificación de sus economías, mediante el establecimiento de empresas proveedoras de componentes y materiales para la industria maquiladora.

Fullerton y Schauer (2001) estudian los determinantes de la dinámica del empleo maquilador, en el corto plazo, para Ciudad Juárez. Las metodologías econométricas empleadas incluyen modelos univariados y de función de transferencia ARIMA. Los resultados indican que los niveles del empleo maquilador reaccionan rápidamente con respecto a los cambios en los salarios reales y la actividad industrial. La metodología aplicada se asemeja a la que utilizan Trivez y Mur (1999) para analizar la economía regional de Aragón en España.

Coronado, Fullerton y Clark (2004), en un intento por clarificar el comportamiento del mercado laboral maquilador para la ciudad fronteriza de Tijuana, realizan la estimación de parámetros usando la técnica de Función de Transferencia Lineal (LTF). Emplean además simulaciones fuera de muestra para examinar la fiabilidad del modelo. El mismo ejercicio de simulaciones también se realiza en Fullerton y Torres Ruiz (2004), como una

medida adicional para la verificación de la confiabilidad del modelo para la ciudad no fronteriza de Chihuahua. En ambos casos, los modelos desarrollados y los pronósticos exhiben buenas características empíricas. En contraste, se observan los resultados del estudio de Cañas, Fullerton y Smith (2007) para la ciudad de Nuevo Laredo. Los resultados muestran que el pronóstico generado con el modelo LTF es menos preciso que un proceso de caminatas aleatorias. El procedimiento de simulaciones fuera de muestra también se emplea en el presente estudio, para evaluar la confiabilidad del modelo del empleo maquilador para la ciudad de Reynosa.

Actualmente, existen relativamente pocos estudios fronterizos que revelan tendencias de variables de economía regional, con respecto a variaciones en la economía de EEUU. Este tema también es de interés en el nivel macroeconómico (Garcés Díaz, 2008), pero se ha estudiado con menos frecuencia en el nivel regional. Esa brecha, en la literatura de economía aplicada, es importante ya que los estudios regionales anteriores indican que las economías metropolitanas muchas veces reaccionan de maneras distintas, ante las fluctuaciones económicas en EEUU y las variaciones en el tipo de cambio. La meta de este esfuerzo es analizar los impactos del índice de producción industrial de EEUU, salarios reales, el número de plantas maquiladoras y el tipo de cambio real en el empleo maquilador para Reynosa, Tamaulipas.

2. Datos y metodología

En general, existe información para la IME desde 1980, en especial, para ciudades fronterizas importantes como Tijuana y Cd. Juárez. Para Reynosa, es posible obtener datos desde enero de 1990 hasta diciembre de 2006. La muestra incluye 204 observaciones, lo cual ofrece suficientes grados de libertad para estimar ecuaciones y modelos de series de tiempo. Las variables que se utilizan incluyen el índice de producción industrial de EEUU, el salario real en pesos en Reynosa, el número de plantas maquiladoras en operación, el tipo de cambio real y el empleo mensual del sector maquila en la ciudad de Reynosa (Cañas, Fullerton y Smith, 2007).

El objetivo en el análisis de series de tiempo es desarrollar un modelo para expresar una relación estructurada entre algunas variables o eventos (Pankratz, 1991). El análisis de función de transferencia ofrece un medio para examinar las tendencias sistemáticas en una industria dinámica (Tiao y Box, 1981). Para estimar los parámetros, se emplea la metodología función de transferencia lineal (Liu y Hanssens, 1982). La metodología LTF es alternativa a la función de transferencia ARIMA tradicional, y ha resultado exitosa para el análisis de economías regionales (Trivez y Mur, 1999).

La estructura general de un modelo LTF puede ser expresada de la siguiente forma:

$$Y_t = C + \sum_{i=1}^M \frac{w_i(B)B^{bi}}{\delta_i(B)} X_{it} + \frac{\theta(B)}{\varphi(B)\nabla^d} a_t \quad (1)$$

Donde:

- $\nabla^d = (1 - B)^d$ operador de diferencia
- $\varphi(B) = (1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_p B^p)$ operador AR
- $\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$ operador MA
- a_t = error estocástico
- X_{it} = variables independientes.

Para especificar la estructura inicial de rezagos, se emplean Funciones de Correlación Cruzada (CCF):

$$c_{xy}(k) = \begin{cases} n^{-1} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y}) & k = 0, 1, 2, \dots \\ n^{-1} \sum_{t=1}^{n+k} (y_t - \bar{y})(x_{t-k} - \bar{x}) & k = 0, -1, -2, \dots \end{cases} \quad (2)$$

Donde:

- \bar{x} = es la media de la muestra de la serie x
- \bar{y} = es la media de la muestra de la serie y.

Las CCF son calculadas entre los componentes estacionarios de la variable dependiente y los componentes estacionarios de las variables independientes. Una revisión diagnóstica puede requerir varias tandas de re-estimación antes de que sea seleccionada la especificación final del modelo (Pankratz, 1991). El formato de la función implícita general, para el modelo de tendencias de corto plazo del empleo maquilador, puede ser representado de la manera siguiente:

$$EMR_t = f(\underset{(-)}{Sal\ Real}_{t-i}, \underset{(+)}{TC\ Real}_{t-j}, \underset{(+)}{Plantas}_{t-k}, \underset{(+)}{IPI\ EU}_{t-m}, AR_{t-n}, MA_{t-s}) \quad (3)$$

Donde:

- EMR_t = Empleo maquilador de Reynosa
- $Sal\ Real_{t-i}$ = Salario real de la maquiladora
- $TC\ Real_{t-j}$ = Tipo de cambio real Peso/Dólar
- $Plantas_{t-k}$ = Plantas maquiladoras
- $IPI\ EU_{t-m}$ = Índice de producción industrial de Estados Unidos
- AR_{t-n} = Componente autorregresivo
- MA_{t-s} = Componente de promedio móvil.

Los signos algebraicos bajo cada variable independiente indican la naturaleza de las relaciones hipotéticas entre los regresores y la demanda de trabajo. Los rezagos pueden variar para cada una de las variables explicativas, así como también para los parámetros autorregresivos y de promedio móvil resultantes de los residuales.

Con respecto a la incorporación del tipo de cambio real, en vez de una variable que refleja las expectativas del mercado cambiario, se mencionan los resultados de dos estudios empíricos anteriores: Fullerton y López (2005) y Fullerton, Hattori y Calderón (2001). A partir de modelos dinámicos, junto con simulaciones fuera de muestra relativas, la evidencia obtenida (de aquellos esfuerzos) indica que el tipo de cambio entre el peso y el dólar, es bastante difícil de pronosticar de manera precisa. Por lo cual, al igual que para otras variables financieras en casos similares, en los que se observan aspectos de caminatas aleatorias, se utilizan observaciones directas del tipo de cambio -en vez de expectativas- en el análisis empírico de este estudio.

Una vez que los parámetros de la ecuación son estimados, se aplica el procedimiento de simulaciones fuera de muestra para evaluar la confiabilidad del modelo resultante. La exactitud de la predicción del modelo LTF es medida en relación con el proceso de extrapolación en el proceso de caminatas aleatorias (Pindyck y Rubinfeld, 1998). Este último procedimiento emplea patrones sencillos de series de tiempo estocásticos, en el que cada cambio sucesivo en y_t es elaborado de forma independiente de una distribución de probabilidad con media cero. Así, y_t es determinado por:

$$y_t = y_{t-1} + e_t \quad (4)$$

con $E(e_t) = 0$ y $E(e_t, e_{t-s}) = 0$, cuando s es distinto de cero.

Una tanda inicial de estimaciones comprende del periodo de enero de 1990 a diciembre de 2002, con un periodo de pronóstico de enero de 2003 a diciembre de 2004. Después, el periodo de estimación es ampliado en un mes, a enero de 2003, y el periodo de pronóstico se desplaza un mes hacia delante, de febrero de 2003 hasta enero de 2005. Un total de 48 estimaciones y simulaciones son realizadas sucesivamente hasta llegar a diciembre de 2006. Una segunda tanda de estimaciones se lleva a cabo de manera similar para los pronósticos comparativos del proceso aleatorio. Para cada método de pronóstico, se generan 48 observaciones para pronósticos de un mes, 47 observaciones para pronósticos de dos meses, hasta 24 observaciones para pronósticos de 24 meses.

Los datos de los pronósticos resultantes de los ejercicios de simulación se comparan con los datos actuales del empleo maquilador para la ciudad de Reynosa. Luego, los errores de predicción se emplean para calcular los valores de los errores de simulación RMSE (raíz media de los errores cuadrados), por separado, para los 24 grupos de proyecciones. El error de simulación RMSE, es una medida de desviación de la variable simulada de su ruta de tiempo real (Pindyck y Rubinfeld, 1998). Por lo tanto, el error de simulación RMSE para la variable Y_t se define de la manera siguiente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)^2} \quad (5)$$

Donde: Y_t^s es el valor de pronóstico para Y_t , Y_t^a es el valor actual y T es el número de valores simulados.

Los coeficientes de desigualdad de Theil también se calculan para cada conjunto de pronósticos y se expresan de la manera siguiente (Leuthold, 1975):

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s - Y_t^a)^2}}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^s)^2} + \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t^a)^2}} \quad (6)$$

El numerador de U es el RMSE y la escala del denominador es tal que U varía entre 0 y 1.

Los coeficientes de desigualdad de Theil también se descomponen de la manera siguiente:

$$U^M = \frac{(\bar{Y}^s - \bar{Y}^a)^2}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

$$U^s = \frac{(\sigma_s - \sigma_a)^2}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2} \quad (7)$$

$$U^c = \frac{2(1-\rho)\sigma_s\sigma_a}{(1/T) \sum (Y_t^s - Y_t^a)^2}$$

La descomposición permite la medición de las proporciones del sesgo del pronóstico (U^m), la varianza (U^s) y la covarianza (U^c). La proporción del

sesgo es un indicador del error sistemático; la proporción de la varianza indica la habilidad del modelo de replicar el grado de variabilidad de la variable de interés; y la proporción de la covarianza mide el error no sistemático. Por lo tanto, para cualquier valor $U > 0$, la distribución ideal de la desigualdad sobre las tres fuentes es $U^m = U^s = 0$ y $U^c = 1$ (Pindyck y Rubinfeld, 1998).

3. Resultados empíricos

Para estimar el modelo, es necesario calcular las primeras diferencias a los logaritmos naturales de todas las series utilizadas para obtener componentes estacionarios. La tabla 1 resume la especificación seleccionada como parte del proceso de modelaje de la Función de Transferencia Lineal (LTF). El periodo contemplado es de enero de 1990 a diciembre de 2006. Los rezagos de las variables aparecen entre paréntesis.

Tabla 1
Modelo LTF para empleo de la industria maquiladora en Reynosa, Tamaulipas

Variable	Coefficiente	Error Est.	Estadística t	Probabilidad
Constante	0.0051	0.0013	3.8159	0.0002
DLNWAGE(-8)	-0.0496	0.0201	-2.4632	0.0147
DLNREX	-0.0505	0.0477	-1.059	0.291
DLNMAQ(-8)	0.2639	0.0923	2.859	0.0047
DLNUSIP(-1)	0.7561	0.3098	2.4408	0.0156
AR(1)	0.3374	0.1422	2.3721	0.0187
MA(1)	-0.7015	0.1062	-6.6047	0
R-cuadrado	0.1847	Media variable dependiente		0.0074
R-cuad. ajustado	0.1586	Desviación est. var. dep.		0.0314
Err. Est. regresión	0.0288	Suma de residuales cuadrados		0.1556
Crit. inf. Akaike	-4.2183	Criterio de inf. Schwarz		-4.1004
Log. verosimilitud	416.1797	Crit. inf. Hannan-Quinn		-4.1706
Estadística F	7.0628	Probabilidad (Estadística F)		0
Est. Q (24 rezagos)	14.9001	Estadística Durbin-Watson		1.9896
Raíces Inv. AR	0.34	Raíces Inv. de Prom.Móvil (MA)		0.7

Variable Dependiente: DLEMP
 Método: Mínimos Cuadrados No Lineales
 Muestra (ajustada): 1990M11 2006M12
 Número de observaciones: 194 (después de ajustes)
 Convergencia después de 11 iteraciones
 Pronóstico inicial Promedio Móvil: 1990M10

Fuente: elaboración propia.

Todas las series afectan el empleo de la maquiladora de Reynosa de manera rápida, en periodos de 8 meses o menos. Los coeficientes muestran los signos algebraicos como se previó en el formato de la función general, excepto el del tipo de cambio real, el cual muestra un signo diferente a lo esperado. Debido que a fue necesario obtener las diferencias de las series antes de la estimación, el coeficiente de determinación para la variable dependiente usada es relativamente bajo (R -cuadrado = 0.185).

Tal y como se muestran los signos esperados en la función general, las variaciones en los salarios reales impactan de manera inversa a la variable del empleo. Para el caso de Reynosa, los salarios reales afectan significativamente el número de trabajos de la industria maquiladora. Se estima solo un coeficiente de salarios con rezago de 8 meses, el cual resulta similar con los dos rezagos de 7 y 8 meses que obtienen en su estudio Fullerton y Torres Ruiz (2004), para la ciudad de Chihuahua y, con el rezago de 10 meses, para el estudio de Nuevo Laredo, realizado por Cañas, Fullerton y Smith (2007).

A diferencia de las demás variables, las variaciones del tipo de cambio real se incorporan a la ecuación de Reynosa, sin afectar significativamente a la variable del empleo y con un signo diferente al esperado. En la tabla 1, se incluye contemporáneamente, similar al de un rezago obtenido en el estudio de Nuevo Laredo y distinto de los resultados que se obtienen para Ciudad Juárez, rezagos de 11 y 12 meses, para Chihuahua, donde se estiman rezagos de 6, 9 y 11 meses y para Tijuana, donde se observa una reacción en el rezago 9. Aunque la estadística t para este parámetro es relativamente bajo, la exclusión de esta variable perjudica el valor de la estadística F y del logaritmo de verosimilitud. Dado eso, se incluye en la ecuación, así como en otros modelos recientes de la actividad económica en México (Garcés Díaz, 2008).

La dinámica del empleo maquilador que se observa en las ciudades fronterizas más importantes, fue diferente a la que tomó lugar en Reynosa. En esta economía metropolitana del noroeste de Tamaulipas, se obtuvo un crecimiento sostenido del empleo durante una época de contracciones marcadas en otras ciudades. El nivel de empleo alcanzó su nivel más alto en abril del 2005, sumando 87,164 empleos en 126 maquiladoras. Esto pese a la desaceleración de la economía estadounidense que se observó a partir del primer trimestre de 2001, muy distinto a los acontecimientos en otras zonas metropolitanas del país.

Lo anterior puede obedecer a que existen algunas diferencias en la distribución de actividades de la IME entre las diferentes ciudades

fronterizas. La principal actividad de Reynosa para 1990 en términos de empleo, fue el sector de maquinaria eléctrica. El segundo plano en importancia le corresponde al sector de equipo de transporte. Para 2006, la principal actividad pasa a ser el sector de electrónicos, ligado con piezas de automóviles y, en segundo plano, el sector de equipo de transporte (INEGI, 2007).

El caso de Reynosa contrasta con el de Tijuana, el cual tiene como principal sector el electrónico, estrechamente ligado a productos para el hogar y negocios, con capital asiático. En Cd. Juárez, el principal sector en 1990 fue el de electrónicos, ligado al mercado de autopartes y como segundo en importancia, el de equipo de transporte. En 2006, el principal sector pasó a ser el de equipo de transporte y en segundo lugar, el de electrónicos. Nuevo Laredo y Chihuahua mostraron la misma dinámica que Cd. Juárez para 2006 (Cañas y Gilmer, 2009).

Para el número de plantas en operación, un parámetro se calcula para el rezago 8, parecido a los estudios para Ciudad Juárez y Tijuana, donde se estiman coeficientes en el rezago 11. Al igual que en el resultado obtenido para Chihuahua, el empleo manufacturero reacciona de manera rápida a los cambios en la producción industrial de Estados Unidos, estimando un parámetro con rezago en el periodo 1. Esta reacción rápida muestra que en la cadena de suministro de este tipo de industria se manejan inventarios moderados.

Además del tipo de cambio real, todos los parámetros son significativos. La estadística t menor de 2 para el tipo de cambio real es distinta a los resultados obtenidos para empleo en la IME, en otras ciudades. Esto es sorprendente porque variaciones en valor internacional del peso afectan el costo de producción para empresas extranjeras. Aunque la estadística F y el logaritmo de verosimilitud indican que esto posiblemente refleja un problema de multicolinealidad, también se debe destacar que mucho del comercio de la IME se debe al comercio intra-industrial, el cual depende de varios factores que abarcan más, que el tipo de cambio real. En este contexto, México se distingue en gran medida de América Latina por su cercanía y su integración económica e industrial con EEUU (Fullerton, Sawyer y Sprinkle, 2011).

El valor del criterio Schwartz es -4.1004, lo que confirma el nivel óptimo de rezagos del modelo. El estadístico Q muestra un valor de 14.9, lo cual indica que el ajuste del modelo es bueno. De importancia igual o hasta superior, el valor del estadístico Q también sugiere que la especificación de la ecuación no pasa por alto ningún movimiento sistemático de las variables.

El paso siguiente del análisis empírico compara la precisión de las simulaciones del modelo LTF con las del proceso de caminatas aleatorias. Esto se lleva a cabo mediante el procedimiento de simulaciones fuera de muestra. La tanda inicial de estimaciones comprende del periodo de enero de 1990 a diciembre de 2002, con un periodo de pronóstico de enero de 2003 a diciembre de 2004. Después, el periodo de estimación es ampliado un mes, a enero de 2003, y el periodo de pronóstico es movido un mes hacia adelante: de febrero de 2003 hasta enero de 2005. Un total de 48 estimaciones y simulaciones se realizan sucesivamente hasta llegar a diciembre de 2006.

La tabla 2 reporta los resultados de las simulaciones fuera de muestra para la ecuación LTF. Estos muestran que existen errores sistemáticos conforme se avanza en el número de periodos pronosticados, ya que los coeficientes de desigualdad U^m y U^c se alejan de los valores ideales entre más se alarga la simulación fuera de muestra. En la tabla 3, se observa comportamiento muy similar en los pronósticos de la caminata aleatoria.

Tabla 2
Resultados de simulaciones del modelo LTF

Longitud de Pronósticos	RMSE	U-Theil	U^m	U^s	U^c
Pronósticos de 1 Mes	1683.2	0.0099	0.0562	0.0051	0.9387
Pronósticos de 2 Meses	2089.5	0.0123	0.1344	0.0119	0.8537
Pronósticos de 3 Meses	2408	0.0142	0.1993	0.0115	0.7892
Pronósticos de 4 Meses	2837.6	0.0167	0.2341	0.0098	0.7562
Pronósticos de 5 Meses	3119.3	0.0183	0.3017	0.0077	0.6906
Pronósticos de 6 Meses	3374.3	0.0198	0.3583	0.0025	0.6392
Pronósticos de 7 Meses	3802.8	0.0222	0.3813	0.0014	0.6173
Pronósticos de 8 Meses	4132	0.0241	0.4286	0.0005	0.5709
Pronósticos de 9 Meses	4516.7	0.0263	0.4708	0.0005	0.5287
Pronósticos de 10 Meses	4966.1	0.0289	0.51	0.0005	0.4896
Pronósticos de 11 Meses	5327.7	0.0309	0.5681	0.0001	0.4318
Pronósticos de 12 Meses	5652.6	0.0328	0.6329	0	0.3671
Pronósticos de 13 Meses	6130.2	0.0355	0.6727	0.0007	0.3266
Pronósticos de 14 Meses	6456.3	0.0373	0.742	0.0003	0.2577
Pronósticos de 15 Meses	6868.6	0.0397	0.785	0	0.215
Pronósticos de 16 Meses	7287.4	0.042	0.8101	0	0.1899
Pronósticos de 17 Meses	7698.7	0.0444	0.8267	0.0002	0.1731
Pronósticos de 18 Meses	8077	0.0465	0.8294	0.0013	0.1693
Pronósticos de 19 Meses	8571.6	0.0493	0.8311	0.0013	0.1676
Pronósticos de 20 Meses	8963.5	0.0515	0.8424	0.0034	0.1543
Pronósticos de 21 Meses	9388.2	0.0539	0.8561	0.0093	0.1346
Pronósticos de 22 Meses	9842.6	0.0565	0.865	0.0139	0.1211
Pronósticos de 23 Meses	10273.9	0.0589	0.8957	0.0214	0.0829
Pronósticos de 24 Meses	10750.9	0.0616	0.9149	0.0242	0.0609

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3
Resultados para pronósticos de caminata aleatoria

Longitud de Pronósticos	RMSE	U-Theil	U ^m	U ^s	U ^c
Pronósticos de 1 Mes	1567.7	0.0093	0.1241	0.0017	0.8742
Pronósticos de 2 Meses	2060.4	0.0122	0.3262	0.0046	0.6691
Pronósticos de 3 Meses	2651.2	0.0157	0.4587	0.0027	0.5387
Pronósticos de 4 Meses	3263.6	0.0193	0.5534	0.0009	0.4457
Pronósticos de 5 Meses	3871.5	0.0229	0.6512	0.0002	0.3485
Pronósticos de 6 Meses	4381.8	0.026	0.768	0.0005	0.2315
Pronósticos de 7 Meses	5192.1	0.0308	0.7652	0.0004	0.2344
Pronósticos de 8 Meses	5861.8	0.0347	0.8065	0.0005	0.193
Pronósticos de 9 Meses	6511.5	0.0386	0.8473	0.0001	0.1526
Pronósticos de 10 Meses	7222.2	0.0428	0.8754	0	0.1246
Pronósticos de 11 Meses	7895.7	0.0468	0.9111	0	0.0889
Pronósticos de 12 Meses	8591.1	0.051	0.9434	0	0.0566
Pronósticos de 13 Meses	9380.5	0.0556	0.9369	0.0006	0.0625
Pronósticos de 14 Meses	10103.7	0.0599	0.9515	0.0009	0.0475
Pronósticos de 15 Meses	10809	0.0641	0.965	0.0008	0.0342
Pronósticos de 16 Meses	11511.1	0.0683	0.9704	0.0005	0.0291
Pronósticos de 17 Meses	12197	0.0724	0.9801	0.0002	0.0197
Pronósticos de 18 Meses	12802.9	0.076	0.9829	0	0.0171
Pronósticos de 19 Meses	13525.3	0.0803	0.9735	0.0001	0.0264
Pronósticos de 20 Meses	14133.4	0.0839	0.9761	0.0001	0.0238
Pronósticos de 21 Meses	14813.5	0.088	0.9771	0	0.0228
Pronósticos de 22 Meses	15482.6	0.092	0.9781	0	0.0219
Pronósticos de 23 Meses	16202.7	0.0964	0.9819	0	0.0181
Pronósticos de 24 Meses	16912.6	0.1006	0.9836	0	0.0164

Fuente: elaboración propia.

Los coeficientes de desigualdad de Theil modificados aparecen en la tabla 4. Estos coeficientes son calculados como el cociente de la relación $RMSE(LTF)/RMSE(RW)$. Estos cálculos indican que, para los pronósticos de 1 y 2 meses, el pronóstico del empleo maquilador LTF es menos preciso que el pronóstico de la caminata aleatoria. Estos resultados son similares a los obtenidos por Cañas, Fullerton y Smith (2007), en el estudio para la ciudad de Nuevo Laredo. Para simulaciones de 3 a 24 meses, se observa que el pronóstico LTF es más exacto que el pronóstico de la caminata aleatoria. Estos resultados se asemejan a los que se reportan en Coronado, Fullerton y Clark (2004), para la ciudad de Tijuana, y los que aparecen en Fullerton y Torres Ruiz (2004), para la ciudad de Chihuahua. Estos resultados proporcionan evidencia de la aplicabilidad de la metodología LTF al análisis del mercado laboral, en Reynosa.

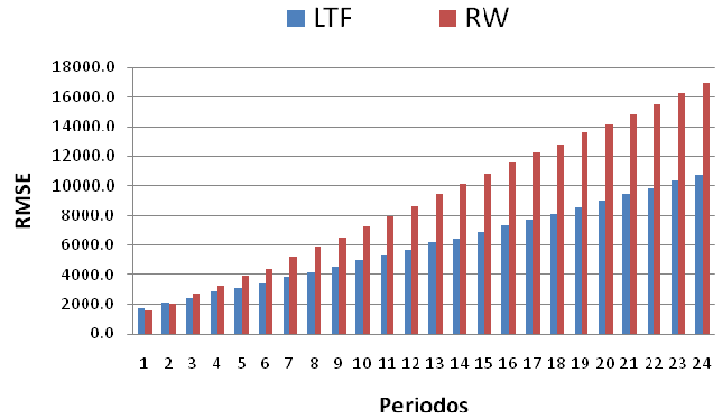
Tabla 4
Coefficientes de Desigualdad de Theil Modificados

Periodos	RMSE-LTF	RMSE-RW	U-Modificada
Pronósticos de 1 Mes	1683.2	1567.7	1.0737
Pronósticos de 2 Meses	2089.5	2060.4	1.0141
Pronósticos de 3 Meses	2408	2651.2	0.9082
Pronósticos de 4 Meses	2837.6	3263.6	0.8695
Pronósticos de 5 Meses	3119.3	3871.5	0.8057
Pronósticos de 6 Meses	3374.3	4381.8	0.7701
Pronósticos de 7 Meses	3802.8	5192.1	0.7324
Pronósticos de 8 Meses	4132	5861.8	0.7049
Pronósticos de 9 Meses	4516.7	6511.5	0.6936
Pronósticos de 10 Meses	4966.1	7222.2	0.6876
Pronósticos de 11 Meses	5327.7	7895.7	0.6748
Pronósticos de 12 Meses	5652.6	8591.1	0.658
Pronósticos de 13 Meses	6130.2	9380.5	0.6535
Pronósticos de 14 Meses	6456.3	10103.7	0.639
Pronósticos de 15 Meses	6868.6	10809	0.6355
Pronósticos de 16 Meses	7287.4	11511.1	0.6331
Pronósticos de 17 Meses	7698.7	12197	0.6312
Pronósticos de 18 Meses	8077	12802.9	0.6309
Pronósticos de 19 Meses	8571.6	13525.3	0.6337
Pronósticos de 20 Meses	8963.5	14133.4	0.6342
Pronósticos de 21 Meses	9388.2	14813.5	0.6338
Pronósticos de 22 Meses	9842.6	15482.6	0.6357
Pronósticos de 23 Meses	10273.9	16202.7	0.6341
Pronósticos de 24 Meses	10750.9	16912.6	0.6357

Fuente: elaboración propia.

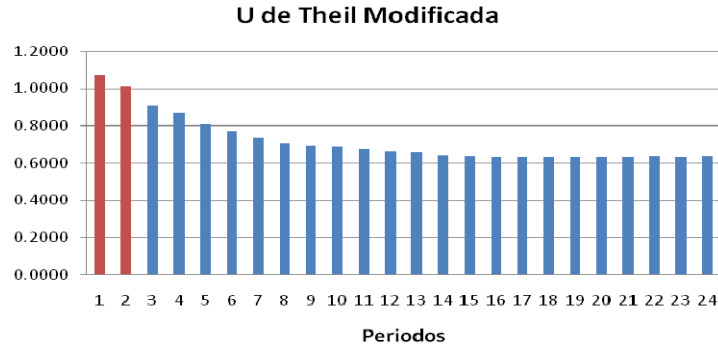
Las figuras 1 y 2 ilustran los resultados que aparecen en las tablas 3 y 4. En ellas se nota la precisión relativa de las simulaciones del modelo LTF ante los pronósticos de la caminata aleatoria. Esto ofrece evidencia empírica adicional acerca de la confiabilidad del modelo LTF para el empleo de la IME, en el mercado laboral metropolitano de Reynosa.

Figura 1
Raíz media de los errores cuadrados (RMSE)



Fuente: elaboración propia.

Figura 2
Coeficiente de Desigualdad de Theil Modificado



Fuente: elaboración propia.

Conclusión

La industria maquiladora de exportación ha sido fuente de inversión extranjera directa y de empleo para la frontera de México con EEUU. La magnitud de esta dinámica arroja como resultado impactos significativos en el mercado laboral de las economías metropolitanas, en las cuales operan empresas de la IME. En esta investigación, se utilizan técnicas econométricas de series de tiempo para examinar la dinámica de corto plazo

del empleo maquilador. Se emplea la metodología de Función de Transferencia Lineal (LTF) con datos de 1990 a 2006 para la ciudad de Reynosa, Tamaulipas. Se analizan los impactos del índice de producción industrial de EEUU, salario real, número de plantas maquiladoras y el tipo de cambio real sobre el volumen de empleo en las actividades de la IME en Reynosa. Ninguna de las cuatro variables independientes tiene rezagos asociados que excedan de 12 meses.

Impactos estadísticamente significativos tuvieron el número de plantas y el índice de producción industrial en el empleo maquilador. Este último demuestra un efecto rápido en comparación con todas las demás variables. En contraparte, la estructura de rezagos del salario real y el número de plantas maquiladoras resultan más largos en comparación con las otras variables explicativas.

Para Reynosa, a diferencia de otras ciudades, el tipo de cambio real no se destaca como variable significativa. El procedimiento de simulaciones fuera de muestra para la evaluación del pronóstico LTF, con respecto al proceso de caminatas aleatorias, es aplicado para 24 simulaciones por separado. Los coeficientes de desigualdad de Theil modificados, indican que los pronósticos LTF resultaron más exactos, en su mayoría, con respecto a los pronósticos del proceso aleatorio.

Es importante desarrollar modelos de esta naturaleza para entender la dinámica del empleo de las ciudades fronterizas del norte de México. La particular situación en la que se encuentran geográficamente y la naturaleza de sus economías, integradas con el país vecino, permiten que se siga enriqueciendo el acervo de investigación sobre economía fronteriza, entre Estados Unidos y México. Entre las ciudades candidatas para futuros estudios están Matamoros y Mexicali.

Referencias

- AEEMAQ (Asociación de Empresas Exportadoras y Maquiladoras de Reynosa) (2003). www.maquilareynosa.com.mx
- Ayer, H. and R. Layton (1974). "The Border Industry Program and the Impact of Expenditures on a U.S. Border Community." *Annals of Regional Science* 8, 105-117.
- Brook, K. and J. T. Peach (1981). "Income, Employment, and Population Growth in the U.S.-México Border Counties." *Texas Business Review* 55, 136-140.
- Broughton, Ch. (2003). "Reynosa, Mexico: City of Promise and Poverty." *The Register-Mail* 4, 1-22.

- Cañas, J., T. M. Fullerton, Jr. and D. Wm. Smith (2007). "Maquiladora Employment Dynamics in Nuevo Laredo." *Growth and Change* 38, 23-38.
- _____ and R. W. Gilmer (2009). "The Maquiladora's Changing Geography." *Federal Reserve Bank of Dallas, Southwest Economy*, Second Quarter 2009, 10-14.
- Carrillo-Huerta, M. and V. L. Urquidi (1989). "Trade Deriving from the International Division of Production: Maquila and Postmaquila México." *Journal of the Flagstaff Institute* 13, 14-47.
- Coronado, R., T. M. Fullerton, Jr. and D. P. Clark (2004) "Short-Run Maquiladora Employment Dynamics in Tijuana." *Annals of Regional Science* 38, 751-763.
- Coubés, M. L. (2003). "Evolución del Empleo Fronterizo en los Noventas." *Frontera Norte* 15, 33-37.
- Dávila, A. (1990). "The Impact of the 1982 Peso Devaluation on Maquiladora Profits." *Journal of Borderlands Studies* 5, 39-50.
- Fullerton, Jr., T. M., M. Hattori and C. Calderón (2001). "Error Correction Exchange Rate Modeling Evidence for Mexico." *Journal of Economics & Finance* 25, 358-368.
- _____ and J. J. López (2005). "Error Correction Exchange Rate Modeling for Mexico: 1980-2001." *International Journal of Applied Econometrics & Quantitative Studies* 2 (3), 1-14.
- _____, W. Ch. Sawyer and R. L. Sprinkle (2011). "Intra-Industry Trade in Latin America and the Caribbean." *International Trade Journal* 25, 74-111.
- _____ and D. A. Schauer (2001). "Short-Run Maquiladora Employment Dynamics." *International Advances in Economic Research* 7, 471-478.
- _____ y L. B. Torres Ruiz (2004). "Maquiladora Employment Dynamics in Chihuahua City, México." *Journal of Developing Areas* 38, 1-17.
- Garcés Díaz, D. (2008). "An Empirical Analysis of the Economic Integration between Mexico and the United States and its Connection with Real Exchange Rate Fluctuations (1980-2000)." *International Trade Journal* 22, 484-513.
- Gruben, W. (2001). "Was NAFTA behind Mexico's high Maquiladora Growth?" *Federal Reserve Bank of Dallas Economic & Financial Review*, 2001 (Third Quarter), 11-21.
- Hanson, G. H. (2001). "U.S.-México Integration and Regional Economies: Evidence from Border-City Pairs." *Journal of Urban Economics* 50, 259-287.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2007). www.inegi.gob.mx.
- Leuthold, R. M. (1975). "On the use of Theil's Inequality Coefficient." *American Journal of Agricultural Economics* 57, 344-346.
- Liu, L. M. and D. M. Hanssens (1982). "Identification of Multiple-Input Transfer-Function Models." *Communications in Statistics Part A – Theory & Methods* 11, 297-314.
- Mendoza Cota, J. E. y C. Calderón Villarreal (2000). "Demanda de Trabajo de la IME en la Frontera Norte." *Frontera Norte* 12, 62-63.
- Pankratz, A. (1991). *Forecasting with Dynamic Regression Models*. New York: John Wiley and Sons.
- Patrick, M. (1989). "Maquiladoras and South Texas Economic Development." *Journal of Borderlands Studies* 4, 89-98.
- Pindyck, R. S. and D. L. Rubinfeld (1998). *Econometric Models and Economic Forecasts*. New York: McGraw-Hill.
- Silver, A. and V. Pavlakovich (1994). "Maquiladora Industry Impacts on the Spatial Redistribution of Employment." *Journal of Borderlands Studies* 9, 47-64.
- Tiao, G. C. and G.E.P. Box (1981). "Modeling Multiple Times Series with Applications." *Journal of the American Statistical Association* 79, 376, 802-816.
- Trávez, J. F. and J. Mur (1999). "A Short Term Forecasting Model for Sectoral Regional Employment." *Annals of Regional Science* 33, 69-91.
- Young, G. and L. Fort (1994). "Household Responses to Economic Change: Migration and Maquiladora Work in Ciudad Juárez, México." *Social Science Quarterly* 75, 656-670.

Foreign Direct Investment, Host Country Factors and Economic Growth

Edna Maeyen Solomon*

Fecha de recepción: 2 XII 2010

Fecha de aceptación: 29 I 2011

Abstract

This paper analyses how the levels of economic development, human capital, financial development and the qualities of the economic and political environments in host countries simultaneously affects the impact of aggregate inflows of Foreign Direct Investment (FDI) on economic growth. Multiple interaction terms are employed between inward FDI and each of the host country factors mentioned above. The System GMM estimator is applied to a panel of 111 countries from 1981 to 2005. The results show that the level of economic development, human capital and quality of the political environment all significantly affect the relationship between inward FDI and growth.

Keywords: FDI, economic growth, host country factors, System GMM and panel data.

JEL Classification: F21, F23.

Resumen

Este artículo analiza cómo los niveles de desarrollo económico, capital humano, desarrollo financiero y la calidad del ambiente económico y político en los países receptores afectan, simultáneamente, el impacto de los flujos agregados de la Inversión Extranjera Directa (IED) sobre el crecimiento económico. En este artículo, se emplean diversos términos de interacción entre los flujos internos de IED en los países receptores, con cada uno de los factores que se mencionan. La técnica del Sistema GMM se aplicará a un panel de 111 países, de 1981 a 2005. Los resultados muestran que el nivel de desarrollo económico, capital humano y calidad del ambiente

* Department of Economics, University of Essex.

Address: Wivenhoe Park, Colchester, Essex, CO4 3SQ, United kingdom.

Email: emsolo@essex.ac.uk

Home phone number: +44(0)7786582068.

político afectan significativamente la relación entre el flujo interno de IED y el crecimiento.

Palabras Clave: IED, crecimiento económico, factores de países receptores, Sistema GMM y datos de panel.

Clasificación JEL: F21, F23.

Introduction

Foreign Direct Investment (FDI) refers to a type of international investment whereby the investor obtains a significant influence in the management of an entity outside the investor's home country. FDI has become an important force in the global economy. According to the 2010 World Investment Report (UNCTAD, 2010), global inflows of FDI was \$1,114 billion in 2009. Figures from the same report indicated that global inward and outward stocks of FDI as percentages of GDP were respectively 32.3% and 34.5% in 2009. In addition, there is some evidence that government investment policies around the world are being modified in order to promote FDI. Table 1 shows the number of investment regulatory regime changes that were adopted from 1991 to 1998 by a range of 35 to 76 countries. On average, about 112 regulatory changes took place, of which 105 (*i.e.*, 94%) of these changes were more favourable to FDI.

Table 1
National FDI-Related Regulatory Changes, 1991-1998

Item	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Number of countries that introduced changes in their investment regimes	35	43	57	49	64	65	76	60
Number of Regulatory Regimes	82	79	102	110	112	114	151	145
of which:								
More favourable to FDI	80	79	101	108	106	98	135	136
Less favourable to FDI	2	-	1	2	6	16	16	9

Source: World Investment Report (1999).

The sheer magnitude of FDI inflows, together with the fact that several countries have implemented changes in their regulatory regimes to encourage FDI leads to the question of what impact inflows of FDI have on the economic growth in host countries, *i.e.*, the country that FDI flows into.

The objective of this paper is to examine the simultaneous effect of various Host Country Factors (HCF) on the relationship between inflows of FDI and economic growth. In particular, I allow for the levels of economic

development, human capital, financial development, the quality of the economic environment and the quality of the political environment in the host countries to simultaneously affect the relationship between FDI and economic growth by including interaction terms between each HCF and FDI. To conduct my empirical investigation, I apply the system GMM with a collapsed instrument set to a panel dataset of 111 OECD and Non-OECD countries from 1981 to 2005.

A major contribution of this paper is that I study how the five HCFs simultaneously affect the impact of FDI on economic growth. Most of the related study generally focus on the effect of one HCF on the FDI-growth relationship with the implicit assumption that other HCFs do not affect the relationship between FDI and economic growth at the same time. This is typically achieved by including an interaction term in the model between FDI and the relevant HCF, while other HCFs may be added as control variables. A model with multiple interactions between the HCFs and FDI could alleviate a potential omitted variable bias issue due to the correlation between the HCFs themselves. For instance, the pair wise correlation of the HCFs in my dataset range from 51% to 69%, as shown in Table 5. Therefore, testing the impact of a single HCF on the relationship between FDI and growth separately as is typically done in the literature could lead to omitted variable bias and hence misleading coefficients on the interaction term between FDI and the included host country factor.¹

This paper also makes an econometric contribution to the literature. Specifically, it makes use of the System GMM estimator in the context of the multiple interactions framework in the FDI literature. The use of the System GMM estimator improves upon the estimations of several previous papers that examine the impact of FDI on growth across countries. The more commonly used panel data estimation techniques (*e.g.*, fixed effects estimators and Seemingly Unrelated Regressions) are seriously flawed in dynamic panel data models (which are characteristic of most growth models) because of endogeneity arising from the inclusion of the lagged or initial levels of GDP per capita to cater for the convergence hypothesis in growth theory (See Bond *et al.*, 2001). The system GMM estimator, on the other hand is able to control both for the unobserved country specific effects and the potential endogeneity of all variables.

¹ A handful of authors have worked on multiple interaction terms between FDI and HCFs. However, to the best of my knowledge, none have involved multiple interactions with such a comprehensive number of HCFs. In particular, I am aware of no other paper that examines the simultaneous contributions of the particular combination of HCFs that I employ on the FDI-growth relationship.

The results from my analysis suggest that FDI has a positive and significant impact on economic growth when all the interaction terms are included in the model. I find that the effect of FDI on growth is higher in countries with lower levels of GDP per capita (*i.e.*, less developed countries) and higher levels of human capital. The quality of the political environment has a non linear relationship between FDI and economic growth. When all other HCFs are held constant, the marginal effect of FDI on economic growth is positive up to a maximum level of the quality of the political environment, after which the marginal effect of FDI on growth becomes negative. The levels of financial development and the quality of the economic environment both have a statistically insignificant effect on the relationship between FDI and growth. Therefore, my findings support papers in the FDI literature, such as Findlay (1978), which suggest that countries which are more technologically backward gain more from inward FDI than those at the technological frontier. However, from a policy perspective especially for developing countries, inward FDI is most beneficial in countries with a better educated workforce.

The remainder of this paper is as follows: Section 1 provides a brief literature review along with the model of Borenstein *et al.*, (1998) which my analysis is based upon. In Section 2, the methodology is discussed and the data is described in Section 3. The results are presented in Section 4, and the last section gives the conclusion of this paper.

1. Literature Review

The relationship between FDI and economic growth has been, and continues to be of interest to researchers. Inward FDI can contribute positively or negatively to economic growth. On the positive side, inward FDI increases the level of investment in the host country. More importantly, it serves as a channel of technology transfer. On the negative side, FDI might take a lot of resources out of the host country through repatriated profits and transfer pricing. In addition, it might lead to the crowding out of domestic enterprises that are unable to compete with foreign enterprises. More detailed explanations of the positive and negative effects of FDI may be found in Moosa (2002).

A growing literature has suggested that the impact of FDI on economic growth is moderated by certain factors in the host country, which I refer to as Host Country Factors (HCFs). The literature has specified some of these HCFs. They include the level of human capital (Borenstein *et al.*, 1998), trade policy (Balasubramanyam *et al.*, 1996), the level of financial development (Hermes and Lensink, 2003; Durham, 2004), the level of

institutional quality (Durham, 2004), the technological gap between leaders and followers (De Mello, 1999) and the level of economic development of the host country as evidenced by its income level (Blomstrom *et al.*, 1992).

A segment of the literature, however, claims that the HCFs do not have a significant impact on the relationship between inward FDI and economic growth. A prominent paper with this opinion is that of Carkovic and Levine (2005). They examined whether a variety of HCFs (the level of human capital, the level of financial development, the level of GDP per capita and trade openness) affected the relationship between FDI and economic growth in 72 developed and developing countries from 1960 to 1995. They included interaction terms between FDI and each of the HCFs in separate specifications. Therefore, unlike the analysis in this chapter, they did not examine the simultaneous effect of the HCFs on the relationship between FDI and economic growth. Using the system GMM, they found that neither FDI nor the interaction terms were statistically significant. They noted that previous macroeconomic studies that indicated that FDI had a positive effect on growth had to be viewed with caution because they did not adequately control for endogeneity.

In recent years, a handful of papers in the FDI literature have made use of multiple interaction terms. Hermes and Lensink (2003), Makki and Somwaru (2004) are two of such papers. Hermes and Lensink (2003) applied cross-sectional analysis to a dynamic empirical specification. Data was from 67 developing countries for the period 1970 to 1995. They interacted FDI with both the level of human capital and the level of financial development. They found that financial development was the more dominant of the HCFs as the interaction term involving human capital turned out to be insignificant whereas that involving financial development was significant. Their results were robust to applying fixed and random effects estimators to a panel data counterpart of their cross-sectional data. Makki and Somwaru (2004) applied Seemingly Unrelated Regressions (SUR) to a dynamic panel dataset of 66 developing countries from 1971 to 2003. They included interaction terms between FDI and trade, FDI and human capital, together with FDI and domestic investment. They found that trade was the dominant HCF. Their findings were robust to the use of the 3SLS estimator.

My analysis differs from the above papers in two respects. First, with the inclusion of five interaction terms, I control for the broad spectrum of the HCFs that are traditionally discussed in the literature. Second, I use the System GMM estimator in contrast with the more traditional ones used by Hermes and Lensink (2003) or Makki and Somwaru (2004).

1.1 *The Empirical Model of Borenstein et al. (1998)*

Borenstein *et al.* (1998) examined whether the level of human capital affected the relationship between inward FDI and economic growth in 69 developing countries. They employed the following model using both cross-sectional regressions and the Seemingly Unrelated Regressions (SUR) technique.

$$g = c_0 + c_1 FDI + c_2 FDI * H + c_3 H + c_4 Y_0 + c_5 A \quad (1)$$

In equation 1, g is the average annual growth rate of GDP per capita over the decades: 1970-1979; and 1980-1989 respectively, FDI is inflows of foreign direct investment measured as a ratio of Gross Domestic Product (GDP), H is the stock of human capital, measured by the average years of male secondary schooling, Y_0 is GDP per capita at the start of each decade, and A comprises control and policy variables that are used as determinants of growth in cross-country studies. These include government consumption, the black market premium on foreign exchange, a measure of political instability (political assassinations and wars), a measure of political rights, a proxy for financial development, the inflation rate, and a measure of the quality of institutions.

The economic intuition underlying their empirical model is as follows: economic growth occurs as a result of Technological Progress (TP) which itself is the result of increases in the number of varieties of capital goods in the economy. The increase in the number of varieties of capital goods is important because it eliminates the tendency of diminishing returns to occur at the aggregate level. FDI is expected to have a positive impact on economic growth because it serves as a channel through which advanced knowledge of technology used in the production of capital goods abroad is brought into the economy. In their model, FDI is thus the main channel of TP because the advanced knowledge of technology brought into the host country via FDI facilitates the expansion of capital goods.

The stock of human capital, H , is expected to have a positive impact on economic growth because a higher level of human capital is expected to aid the process of creating capital goods which requires a skilled workforce. The initial GDP per capita term, Y_0 , is used to proxy for technological backwardness. They assume that the more backward a country is, the greater the probability that it is an imitator of capital goods produced elsewhere rather than an innovator. The cost of creating capital goods is assumed to be less for imitators rather than innovators, hence a negative relationship is expected between Y_0 and growth. Finally, the interaction term $FDI*H$ is expected to be positive. This relationship implies that higher levels of human

capital lead to higher impacts of FDI on economic growth by c_2 units. The complementarities between the level of human capital and FDI exist because of the role of human capital in aiding the diffusion of the new technology brought into the host country via FDI. The more skilled the workforce, the better they will be able to learn and make use of the new technology when they are exposed to it.

2. Methodology

2.1 Model

I modify the basic model of Borenstein *et al.* (1998) in equation 1 by including all the HCFs that I wish to analyse (the level of economic development, denoted by GDP per capita (y), human capital (H), financial development (FIN), the quality of the economic environment ($ECOENV$) and the quality of the political environment ($POLENV$)). I also include interaction terms between FDI and each of the HCFs. Finally, time dummies (γ_t), the unobserved time-invariant country specific term (u_i) and the random error term (ε_{it}) are added. The time dummies proxy for global shocks while the unobserved country specific term represents differences in steady state paths among the countries in the panel. These changes lead to equation 2.

$$\begin{aligned}
 g_{it} = \Delta \log y_{it} = & b_0 + b_1 \log FDI_{it-1} + b_2 H_{it-1} + \\
 & b_3 \log FDI_{it-1} \times H_{it-1} + b_4 \log y_{it-1} + b_5 \log FDI_{it-1} \times \log y_{it-1} + b_6 FIN_{it-1} + \\
 & b_7 \log FDI_{it-1} \times FIN_{it-1} + b_8 ECOENV_{it-1} + \\
 & b_9 \log FDI_{it-1} \times ECOENV_{it-1} + b_{10} POLENV_{it-1} + \\
 & b_{11} \log FDI_{it-1} \times POLENV_{it-1} + b_{12} A_{it-1} + \gamma_t + u_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{2}$$

The data is averaged over nonoverlapping, five year periods from 1981 to 2005, over the following intervals: 1981-1985, 1986-1990, 1991-1995, 1996-2000 and 2001-2005. Thus, there is a maximum of five observations per country. In equation 2, g is the average annual growth rate of GDP per capita. All explanatory variables are lagged one period due to endogeneity concerns. Also, from an economic perspective, spillovers and hence technological diffusion from inward FDI take time to occur.

As mentioned above, the role of FDI in this framework is that it serves as a channel for the transfer of technology from foreign countries into the host country. The impact of FDI on economic growth would only have substantial effects, however, if technological spillovers occur from the foreign affiliates to domestic enterprises. Technological spillovers lead to technological diffusion (*i.e.*, the adoption and implementation of technology in one country

that is sourced from other countries). This serves to bridge the idea gap and increase the potential for expanding the varieties of capital goods in the host country and hence economic growth. As explained by Blomstrom *et al.* (1999), the magnitude of the spillovers depends upon the willingness of the foreign owned firms to make their technology available for appropriation by domestic firms (Supply factor) as well as the willingness and ability of domestic firms to adopt and make use of technology (Demand factor). Costs and benefits are involved on both sides. Greater technological spillovers would occur if the benefits outweigh the costs to both sides.

The level of economic development of the country is proxied by the level of GDP per capita. There are two schools of thought on how it might affect the relationship between FDI and growth. One school of thought (Findlay, 1978; Wang and Blomstrom, 1992) hypothesise that inward FDI better favours less developed countries or countries with larger technological gaps. This is because such countries have more to learn or gain from inward FDI than countries at the technological frontier. However, a second school of thought (Cantwell, 1989; Glass and Saggi, 1998), argue that it is the more developed countries or countries with smaller technological gaps that benefit more from FDI. This is because such countries have higher absorptive capacities which enable them to better exploit the technology that FDI brings. Other studies take an intermediate line: acknowledging the need for some technology gap but stressing that it should not be too wide (*e.g.*, Kokko *et al.*, 1996).

The level of human capital in the host country affects the demand factor positively in that it affects the ability of the domestic firms to make use of the foreign technology. The expected benefit of the adoption of foreign technology by the domestic firms would be higher the better able the labor force is able to work with the technology. Moreover, the level of human capital directly affects the imitation capabilities of the host economy because high technical skills are needed on the part of the labor force to accomplish this (Blomstrom, 1991; Blomstrom and Kokko, 1997). Indeed, the results by Borenstein *et al.* (1998) were such that FDI only had a positive impact on growth in developing countries where the level of human capital was above a minimum level.

Financial development refers to the development of the financial sector. The financial sector mobilizes savings and channels them for investment purposes. Levine (1997, 691) lists five key functions of the financial sector: facilitate the trading, hedging, diversifying and pooling of risk; allocate resources; monitor managers and exert corporate control; mobilize savings, and facilitate the exchange of goods and services.

The level of financial development is dictated by how well the financial sector performs these functions. It affects both the demand and supply factors. From the demand side, the adoption of new technology by domestic firms is both costly and risky. Higher levels of financial development provide funding for the domestic firms to aid such activities. No matter how willing and capable (in terms of ability of the workforce) they are, if there is no steady source of funds available, then the adoption of technology by the domestic firms would be severely limited. On the supply side, the foreign firms will be more willing to supply their technology if they know that the domestic firms have the necessary funds to compensate them in exchange for their technology. The importance of the development of the financial sector in the relationship between FDI and economic growth has been described in detail by Hermes and Lensink (2003). Among other reasons, they argued that the financial sector lowers the set-up costs for technology adaptation, reduces the risk of adopting new technology or upgrading technology, and enables the foreign firms themselves to borrow to extend their innovative activities.

Institutional quality has been defined by the Nobel laureate, Douglas North as the rules of the game in society or, more formally, are the humanly devised constraints that shape human interaction (North, 1991). There are three broad types of institutions: economic, political and social. These institutions shape the environment which governs activity in a country. In this paper, I focus on the quality of the economic environment and the quality of the political environment, as indicators of the economic and political institutions respectively.

The quality of the economic environment, as shaped by economic policy is an essential factor that affects the relationship between FDI and growth. It affects both the demand and supply factors. On the demand side they affect the incentive of local firms. In countries with more favourable economic environments, domestic firms have greater incentives to engage in productive activities (such as adopting better technology) rather than in non-productive, rent seeking activities. On the supply side, Blomstrom *et al.* (1999) state that the foreign firms would be more willing to supply their technology in countries where intellectual property rights are better protected. In addition, Balasubramanyam *et al.* (1996) argued that countries with more open trade policy would attract higher volumes of FDI and experience higher efficiency gains from FDI than countries that adopted import substitution strategies. Finally, according to Durham (2004), countries with higher legal standards tend to channel foreign investment more efficiently, and reduce the expropriation of funds by managers and entrepreneurs, which affect the development of capital markets. The quality of the economic environment is proxied with the index of economic

freedom. This is an index that ranges from 0 to 10, with 10 being the highest economic freedom. The index of economic freedom broadly captures the quality of the economic environment. It includes measures of government size, taxes, trade openness, legal structure and protection of property rights, growth of money supply, inflation as well as regulations on the credit market, labour market and business. This index, which is relatively unexploited in the FDI literature is, in my opinion, a useful concise indicator of the quality of the economic environment. It not only captures the economic policy of the government, but also the legal soundness of the economy and macroeconomic stability.

The quality of the political environment is proxied by an index of democracy from Freedom House. It is an index that ranges from 0 to 10, with 10 being the most democratic. The index combines measures of political rights, civil liberties and Polity (a measure of the degree of autocracy). The quality of the political environment could potentially affect the demand and supply factors necessary for technological diffusion. Countries with a higher quality of the political environment, *i.e.*, countries where there exists greater political freedom, could create the right incentives to attract inward FDI. More democratic environments tend to be related with lower levels of corruption (Bennedsen *et al.*, 2005) and a greater respect of property rights (Glaeser *et al.*, 2004). The quality of the political environment also affects political stability which directly affects incentives of both domestic and foreign firms alike to engage in productivity activity. However, the relationship between democracy and political stability is not straightforward particularly in developing countries. Countries that operate democracies might not necessarily be politically stable especially where there are high levels of corruption. In certain cases, the more autocratic regimes might create some sense of political stability, as there may be much less opportunities for political unrest. Choi and Samy (2005) compare the findings of Li and Resnick (2003) and Jensen (2003). Both papers provided contrasting views on how regime types, proxied by Polity, affected FDI inflows to developing countries. Li and Resnick (2003) argued that more autocratic regimes (*i.e.* countries with a less democratic score) encouraged multinational activity because such regimes provided the multinationals with better entry deals. They also argued that the monopolistic and oligopolistic tendencies of multinationals were more constrained in democratic regimes. Jensen (2003), on the other hand, found a positive relationship between democracy and inflows of FDI. He argued that the political constraints on the leadership that occurred in a democracy sent signals of credibility to multinationals, and therefore encouraged their entry. Choi and Samy (2005) concluded that the findings of Jensen (2003) were more credible than that of Li and Resnick (2003).

To summarize, it has been argued above that FDI affects technological progress and hence economic growth, and that all HCFs could potentially affect the relationship between FDI and growth by affecting the extent of technological spillovers.

2.2 Econometric Methodology

This paper involves the application of the system GMM estimator which was introduced by Arellano and Bover (1995) and Blundell and Bond (1998) to the empirical model² in equation 2. The System GMM comprises two sets of moment conditions. The first set consists of first differences of the dataset which is instrumented using the level series of the corresponding variables lagged two periods and beyond. The second set of moment conditions comprises the (original) level series of the dataset which is instrumented using the lagged first differences of the corresponding variables.

The System GMM has three main advantages over other estimators that are used in the literature. First, it is able to control for the unobserved country specific term. This it does because the first difference of the data series has to be taken to implement the estimator, which eliminates the unobserved country specific term.³ Second, it is able to control for the potential endogeneity of all the explanatory variables including the lagged value of dependent variable by using appropriately lagged values of the variables as instruments. Third, it is particularly useful in short panel data models that are persistent, as is characteristic of many of the datasets that have been used in the FDI literature. The last point is a particular benefit of the System GMM over the closely related Arellano-Bond (1991) or first-differenced GMM estimator. This is because the Arellano-Bond (1991) estimator relies on using lagged levels of the variables in the dataset as instruments for their corresponding first-differenced series. If the variables are highly persistent (*i.e.*, they tend towards unit root), then the lagged levels become weak instruments for the first differenced series leading to biased estimates.

The above mentioned advantages suggest that the System GMM is an appropriate estimator of choice to carry out the empirical analysis in this paper because of the following features of the dataset. First, the panel comprises 111 countries of varied characteristics. There is therefore the need to control for the unobserved country specific terms as they could be

² This section draws heavily from Bond *et al.* (2001) and Carkovic & Levine (2005).

³ Note that the unobserved country specific term could be a potential problem in the System GMM since it also relies on the use of the level series. The Difference-Sargan or the Difference-Hansen test is used to examine the validity of the System GMM by testing whether the correlation between the error term (which includes the unobserved country specific term) and the instruments are statistically significant.

correlated with any of the explanatory variables leading to biased estimates. Second, all the variables could be potentially predetermined or endogenous due to issues of simultaneity. Third, the dataset displays evidence of a rather high persistence in most of the variables. This is shown in Table 2, which reports the AR (1) specifications for all the variables in the dataset using four estimators: OLS, fixed effects, first-differenced GMM and system GMM. This high persistence (combined with the short panel comprising only five time periods) suggests that the first-differenced GMM estimator would be inappropriate, hence my use of the system GMM.

Table 2
AR(1) Specifications for Series

	OLS	Fixed Effects	First-differenced GMM	System GMM
log (y_{it})				
log (y_{it-1})	1.009*** (159.46)	0.716*** (17.23)	0.0877 (0.46)	1.009*** (39.41)
log (FDI _{it})				
log (FDI _{it-1})	0.738*** (22.62)	0.342*** (10.40)	0.173* (1.94)	0.485*** (3.92)
H _{it}				
H _{it-1}	0.982*** (121.94)	0.625*** (20.34)	0.600*** (6.92)	0.898*** (18.77)
FIN _{it}				
FIN _{it-1}	1.050*** (60.15)	0.778*** (15.25)	1.353*** (9.65)	1.000*** (18.37)
ECOENV _{it}				
ECOENV _{it-1}	0.850*** (43.56)	0.467*** (10.12)	0.312*** (3.64)	0.703*** (7.32)
POLENV _{it}				
POLENV _{it-1}	0.913*** (89.31)	0.589*** (16.27)	0.762*** (7.54)	0.853*** (13.57)
POP GROWTH _{it}				
POPGROWTH _{it-1}	0.418** (2.20)	0.0452 (0.60)	0.128 (0.70)	0.531*** (2.58)
GFCF _{it}				
GFCF _{it-1}	0.737*** (25.22)	0.335*** (6.18)	0.254 (1.33)	0.692*** (6.39)

Notes: All regressions carried out using Stata 9.2. Time dummies included in all regressions. Student t-statistics in parenthesis. *, ** and *** denote respectively significance levels at 0.10, 0.05 and 0.01. Difference and System GMM make use of instruments from the 2nd to the maximum lag.

There are three conditions that must be fulfilled to ensure the validity of the System GMM. First, there should be no serial correlation in the random error term. This condition is tested by examining the first and second order serial correlations of the first-differenced residuals. The first-differenced residuals should have a negative and significant first-order serial correlation but no second-order serial correlation. Second, the instruments should be uncorrelated with the error term. This condition can be tested using either a Sargan or Hansen test of the overidentifying restrictions. That is, the extra (overidentified) instruments should not be correlated with the error term. The null hypothesis of either the Sargan or Hansen test is that there is no correlation between the overidentified instruments and the error term. Third, the extra instruments employed in the System GMM must be valid. This can be examined using either the Difference-Sargan test or the Difference-Hansen test. They test whether the additional subset of instruments used for the System GMM is correlated with the error term (which includes the unobserved country specific terms in the level series). The null hypothesis is that the additional instruments are uncorrelated with the error term. I opt for the Hansen and the Difference-Hansen tests (rather than the Sargan and Difference-Sargan tests) because they are robust to heteroskedasticity.

An issue of concern in the GMM literature is instrument proliferation. Roodman (2009) shows that the consequences of using too many instruments relative to the number of cross-sectional units leads to overfitting, which generates biased estimates and a severe weakening of the specification tests. He suggests that one way of dealing with overfitting is the use of the Stata *collapse* command which collapses the instrument set. The idea is explained below.⁴

Consider a simple autoregressive model of the variable (y) with the unobserved individual specific effects term (μ_i) and the random error term (ε_{it}): The number of individuals is denoted by $i=1,2,\dots,N$ and the number of time periods is $t=1,2,\dots,T$

$$y_{it} = \gamma y_{it-1} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Assume that y is a predetermined (rather than an endogenous) variable. Then, the moment conditions for the first-differenced series of the system GMM are as follows.

$$E(y'_{it-l} \Delta \varepsilon_{it}) = 0 \text{ for each } t \geq 3, l \geq 2 \quad (4)$$

⁴This section is drawn from Roodman (2009).

where l denotes lags. This yields a total of $(T-2)(T-1)/2$ moment conditions. Note that separate instruments are included for each time period and each lag available per time period. The set of moment conditions for the levels equations is given as:

$$E(\Delta y_{it-1} \varepsilon_{it}) = 0 \text{ for each } t \geq 3 \quad (5)$$

The set of moment conditions for the levels series grows linearly in T . Therefore, the moment conditions for the first-differenced GMM and system GMM could grow very quickly in T . The most important is that there is a separate moment (*i.e.*, column of instruments) for each time period and each lag.

With the *collapse* command, the instrument set is compressed such that there is a separate column or moment for each lag only. Hence, the moment conditions for the difference equations become

$$E(y'_{it-l} \Delta \varepsilon_{it}) = 0 \text{ for each } l \geq 2 \quad (6)$$

and the matrix of moment conditions for the levels series shrinks to a single moment. By collapsing the instruments, the number of moment conditions reduces from being a quadratic function of T to a linear function of T .

3. Data

The sample coverage of this paper is for developed and developing countries from 1981 to 2005 in averaged five year intervals. All 111 countries are listed in the Appendix. The proxies for the variables in my empirical model are as follows. Details of the data sources are also listed below.

- y : Gross domestic product (GDP) per capita in PPP (constant international 2005 dollars), sourced from the World Bank's *World Development Indicators* (2009).
- g : Log difference of real GDP per capita within each 5 year interval.
- FDI : FDI as a percentage of GDP, sourced from the World Bank's *World Development Indicators* (2009)
- H : Human capital which is proxied by the tertiary gross enrolment rate (%), sourced from World Bank's *Edstats* (2007).
- FIN : Financial development is proxied by private credit from deposit money banks and other financial intermediaries as a proportion of GDP. This indicator measures the extent to which funds are channelled from savers to the private sector via the private intermediaries. It is sourced

from the World Bank's *World Development Indicators* (2009).

- *ECOENV*: Quality of the economic environment, proxied by the chained index of economic freedom, with 2000 as the base year. The index is scaled from 0 (least free) to 10. It was developed by Gwartney and Lawson (2006) of the Fraser institute, but I sourced it from Teorell *et al.* (2009) database with the variable name *fi_clindex*. The index measures economic freedom in five main groups: (i) size of government, (ii) legal structure and security of property rights, (iii) access to sound money, (iv) freedom to trade internationally and (v) regulation of credit, labor and business.
- *POLENV*: A democracy index of political and civil liberties and polities. The index is scaled from 1 to 10 (highest). It is sourced from Teorell *et al.* (2009) database with the variable name *fh_ipolity2*.
- *A*: This comprises: (i) *POPGROWTH*- Population growth, sourced from the World Bank's *World Development Indicators* (2009). (ii) *GFCF*- Gross fixed capital formation as a percentage of GDP which is my proxy for domestic investment. It is sourced from the World Bank's *World Development Indicators* (2009).

Table 3 displays some summary statistics of the dataset. The real average income per capita (y) across the countries for the 25 year period was about \$9,084 with an average growth rate of about 5%. Inward FDI flows accounted for about 3.5% of the GDP. The secondary gross enrolment ratio (H) was 63% on average. The amount of credit received by the private sector from the banks (FIN) amounted to about 41% of the GDP. Moderate values of the indices of economic freedom (*ECOENV*) and the index of political and civil liberties (*POLENV*) were attained on average. The annual population growth rate (*POPGROWTH*) amounted to about 1.6% on average. Domestic investment (*GFCF*) was about 22% on average, far exceeding FDI as a percentage of GDP. As expected, the variation in most of the variables occurred mostly between countries rather than over time due to the large number of countries in the dataset.

Table 3
Descriptive Statistics, 1981-2005

	Mean	Standard Deviation		Minimum Value	Maximum Value	No. of Observations
		Between Variation	Within Variation			
y (\$)	9084.334	11092.66	2503.838	237	69315.98	840
ln(y)	8.405	1.246	0.211	5.468	11.146	840
g (%)	5.139	11.890	14.109	-154.593	116.057	798
FDI (% of GDP)	3.591	26.545	4.355	-8.694	346.46	779
H	62.836	32.414	9.316	3.266	164.921	834
FIN (% of GDP)	40.964	33.620	14.228	0.022	220.968	813
ECOENV	5.858	1.025	0.748	1.718	8.853	580
POLENV	5.722	3.010	1.413	0	10	878
POPGRO WTH (%)	1.608	1.279	1.560	-44.41	9.042	994
GFCF (% of GDP)	22.039	7.279	4.415	3.183	83.043	832

Notes: GDP per capita (y) is expressed in PPP, at constant 2005 international dollars. Both ECOENV and POLENV are indices that range from 0 to 10, with 10 being the highest rating. Negative figures in FDI in the dataset arise because the World Bank only publishes net inflows rather than gross inflows of FDI.

4. Results

The results of the impact of FDI on economic growth are shown in columns 1 to 6 of Table 4. The dependent variable in each column is the growth of real GDP per capita. In columns 1 to 5, each of the five host country factors (HCFs): the log of GDP per capita, human capital, financial development, the quality of the economic environment and the quality of the political environment, are respectively interacted individually with FDI. Column 6,

on the other hand, takes into account interactions of FDI with the five host country factors simultaneously. Non linear terms are also included in Table 4. I include the square of human capital (H^2), the square of financial development (FIN^2), the square of the quality of the political environment ($POLENV^2$) and an interaction term involving the log of FDI and the quality of the economic environment to take the non linear effects of these variables into account.⁵

The table also includes: results of tests for the joint significance of the interaction terms on economic growth, the specification tests (serial correlation tests, Hansen test and the Difference-Hansen test), the number of observations, the number of cross-sections (countries) and the number of collapsed instruments used in the system GMM estimations.⁶

Instruments comprised the first to the fourth lags of each of the explanatory variables. Hence, I assume that the explanatory variables are predetermined. The reason being that they enter the specification lagged one period.

The tests of autocorrelation in the residuals indicate that there is a negative and significant first order serial correlation but an insignificant second order serial in the first differences in the residuals in all columns. They suggest that there is an absence of serial correlation in the error terms. The Hansen test supports the validity of instruments at conventional levels of statistical significance. Similarly, the Difference-Hansen test indicates that the extra instruments used in the System GMM estimation are valid in all but the first column.

FDI is positive and statistically significant in most columns. Focusing on column 6, the FDI coefficient indicates that the FDI elasticity of growth is about 0.7. This result, in line with Borenstein *et al.* (1998), supports the positive role of FDI as a channel of technology transfer that enhances the creation of capital goods in the host countries. The coefficients on the control variables (*POPGROWTH* and *GFCE*) are also generally positive and statistically significant.

⁵In unreported results, without the non-linear terms, I found that the coefficients on the level of human capital, financial development and the interaction terms involving FDI and the quality of the economic and political environments were negative, contrary to expectation. This signings therefore indicated the potential presence of non-linear effects, hence, my inclusion of the squared terms. I experimented with adding an interaction term involving the log of FDI and the square of the economic environment but this was statistically insignificant.

⁶The number of collapsed instruments range from 63 to 88, which is reasonable compared to the 111 countries in the sample. Although unreported, the number of instruments without collapsing ranged from 161 to 181, which is excessive.

The lagged dependent variable, y , generally has a positive and statistically significant effect on growth. The interaction term between FDI and y is insignificant in column 1 but becomes significant in column 6 where all the interaction terms are included. According to column 6, an increase in the log of the initial level of GDP per capita by one unit leads to a fall in the FDI elasticity of growth by about 0.06% when all other HCFs are zero.

Columns 1 to 6 indicate that the level of human capital (H) itself has little effect on economic growth. The interaction term between the log of FDI and H is negative and insignificant in column 2. However, when the other interaction terms are included in column 6, the interaction term turns positive and statistically significant. According to column 6, when all the other host country factors are zero, an increase in the secondary gross enrolment ratio by 1% leads to an increase in the marginal effect of FDI on growth by 0.002%.

Results indicate a non-linear relationship between the level of financial development (FIN) and economic growth. The interaction terms involving FDI and FIN are insignificant whether or not they enter individually (column 3) or with the other interaction terms (column 6). Therefore, the results suggest that the effect of FDI on growth on GDP per capita does not depend on the level of financial development.

The quality of the economic environment ($ECOENV$) is positive and highly statistically significant in all columns. However, the interaction term between the log of FDI and the quality of the economic environment is negative and statistically significant where it enters alone in column 4 but loses its significance in column 6. Therefore, the results indicate that while the quality of the economic environment is itself essential for economic growth, it does not seem to increase the average effect of FDI on growth.

Table 4
Impact of FDI on Economic Growth: Effect of Host Country Factors

Dependent variable: $g = d.\log(y_{it-1})$	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\log(y_{it-1})$	0.141** (2.19)	0.112*** (3.02)	0.078* (1.90)	0.065* (1.87)	0.062 (1.40)	0.040 (0.85)
$\log(FDI_{it-1})$	0.218 (1.19)	0.083* (1.71)	0.075* (1.90)	0.210*** (2.58)	0.241*** (2.67)	0.721*** (3.06)
POPGROWTH _{it-1}	0.006*** (4.34)	0.006*** (4.76)	0.006*** (4.19)	0.006*** (4.36)	0.006*** (3.06)	0.004 (1.05)
GFCF _{it-1}	0.000 (0.10)	0.004* (1.91)	0.005** (2.20)	0.006*** (2.84)	0.008*** (3.53)	0.001 (0.27)
H _{it-1}	-0.005 (-1.25)	-0.005* (-1.89)	-0.002 (-0.68)	-0.002 (-0.80)	-0.001 (-0.51)	0.003 (0.98)
H _{it-1} ²	0.000 (0.59)	0.000 (1.18)	0.000 (0.05)	0.000 (0.41)	0.000 (0.07)	0.000 (-2.26)
FIN _{it-1}	-0.257* (-1.70)	-0.265*** (-2.58)	-0.248** (-2.12)	-0.208* (-1.71)	-0.309*** (-3.08)	-0.173 (-1.13)
FIN _{it-1} ²	0.060 (0.81)	0.057 (1.27)	0.093* (1.72)	0.049 (0.92)	0.087* (1.77)	0.048 (0.79)
ECOENV _{it-1}	0.086*** (4.06)	0.080*** (4.60)	0.075*** (4.01)	0.084*** (4.87)	0.078*** (5.06)	0.086*** (3.69)
POLENV _{it-1}	0.086*** (2.59)	0.078*** (3.21)	0.056** (2.31)	0.054** (2.27)	0.115*** (3.98)	0.090*** (3.10)
POLENV _{it-1} ²	-0.006** (-2.03)	-0.006*** (-2.68)	-0.004* (-1.90)	-0.004** (-2.03)	-0.009*** (-3.28)	-0.007** (-2.49)
$\log(FDI_{it-1}) * \log(y_{it-1})$	-0.021 (-1.14)					-0.056* (-1.90)
$\log(FDI_{it-1}) * H_{it-1}$		-0.001 (-1.21)				0.002** -1.97
$\log(FDI_{it-1}) * FIN_{it-1}$			-0.06 (-1.44)			-0.004 (-0.09)
$\log(FDI_{it-1}) * ECOENV_{it-1}$				-0.027** (-2.17)		-0.014 (-0.64)
$\log(FDI_{it-1}) * POLENV_{it-1}$					-0.087** (-2.57)	-0.091*** (-3.25)
$\log(FDI_{it-1}) * POLENV_{it-1}^2$					0.007** (2.51)	0.007*** (2.94)
Observations	388	467	467	467	467	388
Countries	111	111	111	111	111	111
Instruments (collapsed)	63	65	65	65	70	88
AR1 test of autocorrelation in residuals (p-value)	0.011	0	0	0	0	0.002
AR2 test of autocorrelation in residuals (p-value)	0.361	0.303	0.353	0.342	0.559	0.682
Hansen test of overidentification of instruments (p-value)	0.169	0.742	0.501	0.6	0.383	0.299
D iff-Hansen test for validity of System GMM (p-value)	0.239	0.625	0.133	0.631	0.314	0.547
Joint significance of HCFs (p-value)						0.014

Notes: All estimations were carried out using Stata 9.2. All estimations were run using the two-step system GMM with Windmeijer (2005) correction. Z statistics in parenthesis. *, ** and *** denote respectively significance levels at 0.10, 0.05 and 0.01. Unreported constant and time dummies included. Collapsed instrument set comprises the 2nd to 4th lags for the dependent variable, and from the 1st to 4th lags of each variable in the estimation.

There is a strong evidence of an inverted U-shaped relationship between the quality of the political environment (*POLENV*) and average growth in GDP per capita. The impact of the quality of the political environment on the relationship between inward FDI and growth takes on a U-shaped relationship in both columns 5 and 6. Note, however, that this U-shaped relationship must be interpreted with caution because the coefficient on FDI itself is positive (0.721). This means that at lower levels of the democracy index, the average effect of FDI on growth would be positive but falls at higher levels of the index, holding the contribution of other HCFs constant at their zero levels. The maximum level of the democracy index that is needed to obtain a positive marginal effect of FDI on growth in this sample⁷ is 9.3638.

Recall that the democracy index ranges from 0 to 10, so the threshold of 9.36 is very high. This back of the envelope computation shows that if the other host country factors were zero, all but countries with extremely high levels of democracy would obtain positive marginal effects of FDI on growth. This finding might indicate that the effect of FDI on growth is more likely to be positive in developing countries rather than OECD countries, who have very high values of the democracy index.

Notice the value of the multiple interactions model and the implications that it could have on the effect of the host country factors on the FDI-growth relationship. For instance, the coefficient on the interaction term between *FDI* and *y* in column 6 is nearly three times that of column 1. The coefficient involving *FDI* and *H* actually involves a sign change when we compare columns 2 and 6. Also, we find that the coefficient between *FDI* and *ECOENV* in column 4 is almost double that of column 6. These differences in size show the potential bias that could occur when we fail to take into account that several HCFs could affect the FDI-growth relationship at the same time. This is because the host country factors are moderately correlated among themselves (See Table 5). The multiple interactions framework allows us to isolate the effect of the various host country factors (since each interaction term is interpreted holding the other HCFs equal to 0).

The above results suggest that the dominant HCFs that have an influence on the FDI-growth nexus are the level of economic development, the level of human capital and the quality of the political environment. The marginal

⁷ This can be derived by estimating the derivative of growth with respect to FDI holding the contribution of other host country factors (apart from *POLENV*) constant at 0. Using column 6, this gives: $\frac{\partial g}{\partial \log FDI} = 0.721 - 0.091 POLENV + (2*0.007) POLENV^2 = 0$. $POLENV = 0.721/0.077 = 9.3638$.

effect of inward FDI on growth is greater in poorer countries with higher levels of human capital. The fact that FDI favors poorer countries is in line with the hypotheses of Findlay (1978) and Wang and Blomstrom (1992) who found that the effect of FDI on growth was higher in countries with larger technological gaps. In other words, the effect of FDI is more significant in countries that have more to learn from the technology arising from inward foreign investment.

Table 5
Correlation matrix of the Host Country Factors

	y	H	FIN	ECOENV	POLENV
y	1				
H	0.69	1			
FIN	0.61	0.60	1		
ECOENV	0.61	0.62	0.60	1	
POLENV	0.43	0.63	0.42	0.51	1

Source: own calculations.

The fact that human capital is positive when all host country factors are taken into account (and insignificant when the interaction term between FDI and human capital enters alone in column two) could indicate that human capital works through the channels of political and economic institutions to increase the effect of FDI on growth. Indeed, Glaeser *et al.*, (2004) found that initial levels of schooling improved political institutions.

It is particularly interesting to compare my findings with others in the literature who have used multiple interaction terms such as: Hermes and Lensink (2003) and Makki and Somwaru (2004). Hermes and Lensink (2003) interacted FDI with the level of human capital and the level of financial development. They found that the level of financial development was the more dominant factor in affecting the FDI-growth relationship. Makki and Somwaru (2004) interacted FDI with human capital, trade and domestic investment. They concluded that trade, together with sound macroeconomic policies and institutional stability were preconditions needed to bring about a positive effect of FDI on growth. These factors are captured in the economic freedom index, which is my proxy for the quality of the economic environment. My results, however, are in contrast to both papers, since I find that the positive impact of inward FDI on economic growth does not operate through the channels of either the quality of the economic environment or financial development.

Nevertheless, the findings in this paper are in line with other researchers such as: Borenstein *et al.* (1998), Blonigen and Wang (2005), Hsu and Wu (2009) and Vadlamannati and Tamazian (2009). Borenstein *et al.* (1998) and Blonigen and Wang (2005) both found that the level of human capital had a positive effect on the relationship between FDI and economic growth. Using a variety of proxies for financial development and various econometric techniques, Hsu and Wu (2009) did not find a positive and significant interaction term between FDI and financial development. They concluded that their cross country evidence could not support the growth effect of FDI through financial development. Finally, Vadlamannati and Tamazian (2009) found that the index of economic freedom was important for economic growth in 22 Latin American countries from 1980 to 2006. They, however, found that the effect of the index on the relationship between FDI and growth was only marginal.

The interpretation of the marginal effect of FDI in Table 4 assumes that each of the HCF variables is zero. This is highly unrealistic of the dataset. Table 3, which displayed the summary statistics showed that zero was outside the ranges of all the host country factors except the quality of the political environment. Therefore, it might be more informative to evaluate the impact of FDI on economic growth at more meaningful levels of the HCFs. Details can be found in Wooldridge (2006), Jaccard and Turrisi (2003) and Aiken and West (1991). In line with the above discussion, Tables 6 to 8 are a reproduction of column 6 of Table 4 but with the exception that FDI is interacted with the deviations of the HCFs from their average levels in each country. Such reparameterization is described on pages 204 - 206 in Wooldridge (2006). The technique allows for the examination of the impact of FDI on economic growth when the host country factors are at their average levels in each country. Only the FDI coefficient changes to reflect the effect of the reparameterization. Therefore, I only report the FDI coefficient with its t-statistic for each country.

The results for countries with positive, negative and insignificant marginal FDI effects on growth are predicted in Tables 6 to 8 respectively. Out of the 111 countries in the sample, the marginal effect of FDI is predicted to be positive in 34 countries, negative in 12 countries and insignificant in 65 countries. The estimates show that it is mostly developing countries that are predicted to have positive FDI effects on growth. On the other hand, the effect of inward FDI on growth is predicted to be insignificant in OECD countries. The literature suggests that other channels of technology transfer and diffusion come to the forefront in these countries. These channels include human capital as found by Engelbrecht (2002) and outward FDI as found by Lichtenberg and van Pottelsberghe de la Potterie (1996).

Table 6
Countries with predicted positive marginal Effects of FDI on growth

Country	Predicted Marginal Effect of FDI	Z stat	Country	Predicted Marginal Effect of FDI	Z stat
Morocco	0.0686*	1.82	Algeria	0.117*	1.69
Philippines	0.0787**	2.12	Central African Republic	0.117**	2.2
Zambia	0.0806*	1.93	Chad	0.117**	2.15
Tunisia	0.0828**	2.07	Sierra Leone	0.119**	2.14
Czech Republic	0.0797**	1.98	Uganda	0.119**	2.19
Indonesia	0.0862**	2.13	Romania	0.126*	1.79
Kenya	0.0864**	1.99	Egypt, Arab Rep.	0.128**	2.5
Cote d'Ivoire	0.0883*	1.92	Congo, Rep.	0.129**	2.43
Guyana	0.0891*	1.77	Guinea - Bissau	0.139**	2.42
Benin	0.0951**	1.99	Bulgaria	0.147**	2.36
Mali	0.100*	1.91	Malawi	0.153***	2.58
Tanzania	0.101**	1.99	Albania	0.156**	2.5
Niger	0.106*	1.87	Rwanda	0.164***	2.61
Ghana	0.108**	2.14	Burundi	0.183***	2.64
Cameroon	0.112**	2.19	Congo, Dem. Rep.	0.228***	3.01
Jordan	0.112***	2.7	China	0.251***	3.5
Haiti	0.113**	2.09	All countries with Positive Effects	0.0874**	2.07

Average value of HCFs: $y=7.4$, $H=33.6$, $FIN=0.2$, $ECOENV=5.0$ & $POLENV=3.0$

Notes: *, ** and *** denote respectively significance levels at 0.10, 0.05 and 0.01. The estimates of FDI are obtained by rerunning the specification in column 6 of Table 4 with the average values of the host country factors for each country.

Table 7
Countries with predicted marginal negative effects of FDI on growth

Country	Predicted Marginal Effect of FDI	Z stat
Dominican Republic	-0.0397*	-1.69
Colombia	-0.0464*	-1.86
Honduras	-0.0587*	-1.74
Mexico	-0.0599*	-1.69
Thailand	-0.0611*	-1.8
Guatemala	-0.0668*	-1.85
Turkey	-0.0692*	-1.75
El Salvador	-0.0698**	-2.41
Malaysia	-0.0770**	-2.3
Botswana	-0.0798**	-2.22
Singapore	-0.0979*	-1.84
Venezuela	-0.101**	-2.47
All Countries with Negative effects	-0.0870***	-2.95
Average value of HCFS (y = 8.7, H = 42.7, FIN = 0.4, ECOENV = 6.0 & POLENV=6.6)		

Notes: *, ** and *** denote respectively significance levels at 0.10, 0.05 and 0.01. The estimates of FDI are obtained by rerunning the specification in column 6 of Table 4 with the average values of the host country factors for each country.

Table 8
Countries with predicted marginal insignificant effects of FDI on growth

Country	Predicted Marginal Effect of FDI	Z stat	Country	Predicted Marginal Effect of FDI	Z stat
Bolivia	0.000422	0.02	Ireland	-0.000856	-0.03
South Africa	0.00177	0.07	Spain	-0.00104	-0.04
Netherlands	0.00192	0.08	Jamaica	-0.00118	-0.05
Paraguay	0.00316	0.1	Australia	-0.00321	-0.1
Finland	0.00346	0.13	Croatia	-0.00332	-0.08
Kuwait	0.00373	0.06	Senegal	-0.00341	-0.09
Russian Federation	0.00531	0.08	New Zealand	-0.00737	-0.25
Slovenia	0.00622	0.16	Fiji	-0.00825	-0.32
Belize	0.00651	0.2	Iceland	-0.0089	-0.25
Benin	0.00828	0.24	Argentina	-0.0113	-0.27
Sweden	0.00892	0.31	Austria	-0.0125	-0.41
Denmark	0.0109	0.35	Slovak Republic	-0.0131	-0.48
Panama	0.0109	0.52	Malta	-0.0153	-0.61
Estonia	0.0139	0.35	Norway	-0.0167	-0.46
India	0.0144	0.35	Cyprus	-0.0209	-0.65
Peru	0.0159	0.39	Germany	-0.022	-0.86
Latvia	0.0161	0.48	Ecuador	-0.0236	-0.76
Chile	0.0185	0.81	United Kingdom	-0.0236	-0.83
Pakistan	0.0194	0.59	Japan	-0.0252	-0.61
Korea, Rep.	0.023	0.81	Portugal	-0.026	-0.99
Sri Lanka	0.0271	0.67	Canada	-0.0302	-0.91
Lithuania	0.0338	0.89	Mauritius	-0.0305	-1.09
Nicaragua	0.0363	1.03	Costa Rica	-0.0317	-0.75
Uruguay	0.0415	1.57	Brazil	-0.0345	-0.87
Ukraine	0.0445	0.66	France	-0.0345	-1.18
Hungary	0.0455	1.18	Trinidad and Tobago	-0.0389	-1.26
Madagascar	0.0535	1.3	Israel	-0.0393	-0.93
Bangladesh	0.0687	1.45	Greece	-0.0398	-1
Poland	0.0769	1.42	Italy	-0.0413	-1.16
Nepal	0.0811	1.57	Switzerland	-0.0507	-1.08
Oman	0.0882	1.25	United States	-0.0507	-1.13
Bahrain	0.0884	1.41	Papua New Guinea	-0.0635	-1.06
Iran, Islamic Rep	0.0893	1.58	All Countries with insignificant effects	-0.0505**	-2.11

Notes: *, ** and *** denote respectively significance levels at 0.10, 0.05 and 0.01. The estimates of FDI are obtained by rerunning the specification in column 6 of Table 1.4 with the average values of the host country factors for each country. For the value of the average HCF of all countries in the entire sample, the FDI coefficient reads -0.0407 with a Z statistic of -1.53

Conclusion

The objective of this paper was to study the impact of FDI on economic growth in host countries and examine what roles the levels of economic development, human capital, financial development and the qualities of the economic and political environments play in the relationship between FDI and economic growth. This empirical exercise was carried out by applying the system GMM estimator to a multiple interaction empirical model using data from 111 developed and developing countries from 1981 to 2005. The use of multiple interactions made it possible to capture the simultaneous impacts of the various HCFs on the relationship between FDI and economic growth.

The results indicated that the level of economic development, the level of human capital and the quality of the political environment were the most crucial of all the HCFs in order to obtain a positive and significant impact of FDI on economic growth. The effect of FDI on growth was higher in countries with lower levels of economic development and higher levels of human capital. The quality of the political environment, on the other hand, had a non linear effect on the relationship between FDI and economic growth. In particular, holding constant all other host country factors, the marginal effect of FDI on growth was positive until a maximum level of the quality of the political environment where the effect turned negative. The levels of financial development and the quality of the economic environment both had an insignificant impact on the relationship between FDI and economic growth.

There was significant heterogeneity in the predicted marginal effects of FDI on growth when the host country effects of each of the 111 countries were taken into account. The marginal effect of FDI on growth was predicted to be respectively insignificant, positive and negative in about 59%, 31% and 10% of the countries. Positive effects of FDI existed largely in developing countries. Most of the OECD countries were predicted to have insignificant effects from FDI. The considerable heterogeneity in the prediction of FDI on growth across the countries could account for the lack of consensus in the macro literature of the growth effects of FDI.

References

- Aiken, L. S., and S. G. West (1991). "Multiple Regression: Testing and Interpreting Interactions." Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc.

- Arellano, M., and S. Bond (1991). "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations." *Review of Economic Studies*, Vol. 58, pp. 277-297.
- _____ and O. Bover (1995). "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models." *Journal of Econometrics*, Vol. 68, pp. 29-52.
- Balasubramanyam, V. N., M. Salisu and D. Sapsford (1996). "Foreign Direct Investment and Growth in EP and IS Countries." *The Economic Journal*, Vol. 106, pp. 92-105.
- Bennedsen, M., N. Malchow-Moller and F. Vinten (2005). "Institutions and Growth—a Literature Survey." *Centre for Economic and Business Research* 2005-01.
- Blomstrom, M. (1991). "Host Country Benefits of Foreign Investment." *NBER Working Papers* 3615.
- _____ and A. Kokko (1997). "The Impact of Foreign Investment on Host Countries: A Review of the Empirical Evidence." *World Bank Policy Research Working Paper*, No. 1745.
- _____, S. Globerman and A. Kokko (1999). "The Determinants of Host Country Spillovers from Foreign Direct Investment: Review and Synthesis of the Literature." *ELIS Working Paper Series 79*, The European Institute of Japanese Studies.
- _____, R. E. Lipsey and M. Zejan (1992). "What Explains Developing Country Growth?" *NBER Working Papers* 4132.
- Blonigen, B. A. and M. G. Wang (2005). "Inappropriate Pooling of Wealthy and Poor Countries in Empirical FDI Studies," in *Does Foreign Direct Investment Promote Development?* Washington DC: Institute for International Economics, pp. 221-244.
- Blundell, R., and S. Bond (1998). "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models." *Journal of Econometrics*, Vol. 87, pp. 115-143.
- Bond, S., A. Hoeffler and J. Temple (2001). "GMM Estimation of Empirical Growth Models." *Economic Papers 2001-W21*, Economics Group, Nuffield College, University of Oxford.
- Borenstein, E., J. D. Gregorio and J.-W. Lee (1998). "How Does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth." *Journal of International Economics*, vol. 45, pp. 115-172.
- Cantwell, J. (1989). *Technological Innovation and Multinational Corporation*, Basil Blackwell: Oxford.

- Carkovic, M. and R. Levine (2005). "Does Foreign Direct Investment Accelerate Economic Growth?" in *Does Foreign Direct Investment Promote Development?* Washington DC: Institute for International Economics, pp. 195-220.
- Choi, S-W and Y. Samy (2005). "Puzzling Through : The Impact of Regime Type on Inflows of Foreign Direct Investment." Working Paper 7-2005, Multinational Enterprises and the Global Political Economy (A Program of the Murray Weidenbaum Center on the Economy, Government, and Public Policy at Washington University in St. Louis).
- De Mello, L. R. (1999). "Foreign Direct Investment-Led Growth: Evidence from Time Series and Panel Data." *Oxford Economic Papers*, Vol. 51, pp. 133-151.
- Durham, J. B. (2004). "Absorptive Capacity and the Effects of Foreign Direct Investment and Equity of Foreign Direct Investment and Equity Foreign Portfolio Investment on Economic Growth." *European Economic Review*, Vol. 48, pp. 285-306.
- Engelbrecht, H-J. (2002). "Human Capital and International Knowledge Spillovers in TFP Growth of a Sample of Developing Countries: An Exploration of Alternative Approaches." *Applied Economics*, Vol. 34, pp. 831-841.
- Findlay, R. (1978). "Relative Backwardness, Direct Foreign Investment, and the Transfer of Technology: A Simple Dynamic Model." *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 92, pp. 1-16.
- Glaeser, E., R. La Porta, F. Lopez-de-Silanes, and A. Shleifer (2004). "Do Institutions Cause Growth?" *Journal of Economic Growth*, Vol. 9, pp.271-303.
- Glass, A. J. and K. Saggi (1998). "International Technology Transfer and the Technology Gap." *Journal of Development Economics*, Vol. 55, pp. 369-398.
- Gwartney, J. and R. Lawson (2006). *Economic Freedom of the World: 2006 Annual Report*, Vancouver: The Fraser Institute.
- Hermes, N. and R. Lensink (2003). "Foreign Direct Investment, Financial Development and Economic Growth." *The Journal of Development Studies*, Vol. 40, pp. 142-163.
- Hsu, C.-C. and J.-Y. Wu (2009). "FDI and Economic Growth: Revisiting the Role of Financial Market Development." *Far East and South Asia Meeting of the Econometric Society*, Faculty of Economics, University of Tokyo, Japan, August 2009.
- Jaccard, J. and R. Turrisi (2003). *Interaction Effects in Multiple Regression* (Second ed.), Thousand Oaks, California: Sage Publications Inc.
- Jensen, N. (2003). "Democratic Governance and Multinational Corporations: Political Regimes and Inflows of Foreign Direct Investment." *International Organization*, Vol. 57, pp. 587-616.

- Kokko, A., R. Tansini and M. Zejan (1996). "Local Technological Capability and Productivity Spillovers from FDI in the Uruguayan Manufacturing Sector." *Journal of Development Studies*, Vol. 32, pp. 602-611.
- Levine, R. (1997). "Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda." *Journal of Economic Literature*, Vol. 35, 688-726.
- Li, Quan and A. Resnick (2003). "Reversal of Fortunes: Democratic Institutions and Foreign Direct Investment Inflows to Developing Countries." *International Organization*, vol. 57, pp. 175-211.
- Lichtenberg, F. and B. Van Pottelsberghe de la Potterie (1996). "International R&D Spillovers: A Re-Examination." *NBER Working Papers* 5668.
- Makki, S. S. and A. Somwaru (2004). "Impact of Foreign Direct Investment and Trade on Economic Growth: Evidence from Developing Countries." *American Journal of Agricultural Economics*, American Agricultural Economics Association, Vol. 86, pp.
- Moosa, I. A. (2002). *Foreign Direct Investment: Theory, Evidence and Practice*. Basingstoke, Palgrave.
- North, D. (1991). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press, New York.
- Roodman, D. (2009). "A Note on the Theme of Too Many Instruments." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 71, pp.135-58.
- Teorell, J., N. Charron, M. Samanni, S. Holmberg and B. Rothstein (2009). *The Quality of Government Dataset, Version 17 June 09*. University of Gothenburg: The Quality of Government Institute, <http://www.qog.pol.gu.se>.
- UNCTAD (1999). *World Investment Report 1999: Foreign Direct Investment and the Challenge of Development*, New York and Geneva: United Nations. http://www.unctad.org/en/docs/wir99_en.pdf
- _____ (2010). *World Investment Report 2010: Investing in a Low-carbon Economy*, New York and Geneva: United Nations.
- Vadlamannati, K. C. and A. Tamazian (2009). "Growth Effects of Foreign Direct Investment and Economic Policy Reforms in Latin America." *MPRA Paper 14133*, University Library of Munich, Germany, March 2009.
- Wang, J. and M. Blomstrom (1992). "Foreign Investment and Technology Transfer: A Simple Model." *European Economic Review*, Vol. 36, pp. 137-155.
- Windmeijer, F. (2005). "A Finite Sample Correction for the Variance of Linear Efficient Two-Step Gmm Estimators." *Journal of Econometrics*, Vol. 126, pp. 25-51.

70 Ensayos Revista de Economía

Wooldridge, J. M. (2006). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (Third ed.). Mason, OH: Thomson.

World Bank (2007). EdStats Data Query, The World Bank Group.

World Bank, World Development Indicators (2009). ESDS International, (MIMAS) University of Manchester.

Appendix

Albania, Algeria, Argentina, Australia, Austria, Bahrain, Bangladesh, Belgium, Belize, Benin, Bolivia, Botswana, Brazil, Bulgaria, Burundi, Cameroon, Canada, Central African Republic, Chad, Chile, China, Colombia, Congo: Democratic Republic, Congo Republic, Costa Rica, Cote d'Ivoire, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Dominican Republic, Ecuador, Egypt, El Salvador, Estonia, Fiji, Finland, France, Germany, Ghana, Greece, Guatemala, Guinea-Bissau, Guyana, Haiti, Honduras, Hungary, Iceland, India, Indonesia, Iran: Islamic Republic, Ireland, Israel, Italy, Jamaica, Japan, Jordan, Kenya, Korea, Kuwait, Republic of, Latvia, Lithuania, Madagascar, Malawi, Malaysia, Mali, Malta, Mauritius, Mexico, Morocco, Nepal, Netherlands, New Zealand, Nicaragua, Niger, Norway, Oman, Pakistan, Panama, Papua New Guinea, Paraguay, Peru, Philippines, Poland, Portugal, Romania, Russian Federation, Rwanda, Senegal, Sierra Leone, Singapore, Slovak Republic, Slovenia, South Africa, Spain, Sri Lanka, Sweden, Switzerland, Tanzania, Thailand, Togo, Trinidad and Tobago, Tunisia, Turkey, Uganda, Ukraine, United Kingdom, United States, Uruguay, Venezuela, Zambia.

Estudio sobre desarrollo económico: principios básicos, modelo y evidencia empírica

Dmytro Chystilin*

Fecha de recepción: 6 XII 2010

Fecha de aceptación: 22 II 2011

Resumen

Este artículo está enfocado a la solución del problema principal de la teoría de desarrollo económico mediante una descripción matemática del sistema económico-social durante un periodo largo, en el que se aprecia una de las propiedades naturales del sistema: la transición del estado estable al estado crítico y viceversa; también se observan los cambios de regímenes del funcionamiento del sistema. Se propone un modelo de desarrollo del sistema económico-social basado en una ecuación diferencial no lineal, que muestra las principales propiedades del sistema, tales como: la autoorganización en cuanto al cambio de regímenes de funcionamiento y la reestructuración de política macroeconómica. La ecuación es aplicada sobre las tendencias de crecimiento de la población, capital y calificación del trabajo en un periodo de 30 años, para los siguientes países: Estados Unidos (EEUU), Unión Europea (UE), India, China, Japón, Unión Soviética-Comunidad de Estados Independientes (URSS-CEI). La simulación demuestra la presencia de los ciclos largos de Kondrátiev, con los cambios de los ciclos alrededor de la década de 1990.

Palabras Clave: desarrollo económico, desarrollo económico sostenido, modelo de desarrollo económico.

Clasificación JEL: O1, O10.

* Department of Economics and Law, Dniepropetrovsk University, Ukraine.

Correo electrónico: unid@a-teleport.com

El presente artículo está preparado sobre la base del informe presentado por el grupo de los investigadores de Rusia y Kazajstán durante la mesa redonda “El futuro de las civilizaciones y la estrategia de la colaboración civilizada”, Nueva York: ONU, 27 de octubre de 2009.

Abstract

This article represents an approach to solve the key problem of the economic development theory, a mathematic description of the social and economic system during a long period of time, where one of the most important system property is manifested: a transition from a stable condition, economic development, to that of a crisis and viceversa, and the modification of functional regimes of the system as well. A model of social and economic system development has been presented on the basis of a differential non-linear equation which shows general natural properties of the system: the self-organization in the aspect of functional regime modification and macroeconomic politics restructuring. A numerical equation solution has been made according to the 30 year statistics of countries such as the USA, EU, India, China, Japan, USSR-CIS. The simulation shows the presence of Kondratiev long-term cycles, which means cycle modification around the decade of 1990.

Keywords: economic development, sustainable economic development, economic development model.

JEL Classification: O1, O10.

Introducción

En la segunda mitad del siglo XX, el interés de los investigadores hacia el problema del desarrollo económico aumentó considerablemente. La divergencia en ganancias entre los países de la comunidad mundial determinó el interés científico en el análisis de las condiciones de crecimiento del bienestar de una nación y el mantenimiento de éstas durante el periodo máximo de tiempo. La necesidad de dicho análisis predestinó el empleo de la simulación matemática en el crecimiento económico.

El objetivo principal de la teoría económica del siglo XX fue el análisis detallado de las condiciones que garantizaran el crecimiento económico prolongado, como se muestra a través de:

- la influencia de inversiones según el modelo de Harrod-Domar en Járrod (1997) y Jansen (1997);
- la del capital humano, tecnologías y crecimiento de la población con el modelo de Solow y el de Solow-Svan en Grossman y Helpman (2001) y en Barro y Sala-i-Martin (2004);
- las modificaciones tecnológicas que usan modelos de Ramsey, Brown, Romer y el modelo de dos sectores de Uzawa-Lucas, en Barro y Sala-i-Martin (2004) y en Foley y Michel (1999);

- la influencia de factores externos e incluso la difusión de tecnologías, migración y crecimiento demográfico, contaminación medioambiental, que son modelos del crecimiento endógeno en Aghion y Howitt (1998), entre otros.

Las categorías de estabilidad y las del desarrollo económico sostenido para el mantenimiento del crecimiento económico estable, como las conocemos hoy, fueron introducidas en las investigaciones de Rostow (1956) y de Kuznets (1973), quienes llevaron a efecto los enfoques de la formación de modelos del desarrollo económico, incluso los que abordaban las modificaciones estructurales en la economía. Por ejemplo, el modelo de dos sectores de A. Lewis que más tarde fue ampliado y formalizado por J. Fahey y G. Ranis, el modelo de Chenery, entre otros (Todaro, 1997). En el pensamiento científico contemporáneo hay numerosas investigaciones sobre los modelos de crecimiento económico cíclico (Ryzhenkov, 2002) conforme a las teorías de Kondrátiev (1989) y Schumpeter (1982). Así, surgió la idea de considerar el desarrollo económico como el mantenimiento del equilibrio económico duradero a través de la política macroeconómica. Las nociones “desarrollo económico sostenido” y “estabilidad” también pertenecen al análisis de las condiciones del crecimiento económico óptimo, las cuales descansan sobre el postulado de la necesidad de superar el crecimiento de la producción nacional con respecto al crecimiento demográfico.

Prácticamente todos los enfoques dirigidos hacia el análisis del desarrollo económico, que se basan en los principios de modelos del crecimiento económico, dejaron fuera del análisis a las economías de los países en vías de desarrollo e inclusive, en la segunda mitad de los años 80 y durante los años 90 del siglo XX, no se realizó el análisis del desarrollo económico de los países con economías en transición. Tales modelos y las teorías que los explican están orientados al análisis de las economías en desarrollo y se basan en los resultados del análisis económico de los países desarrollados, o sea, en la práctica de emplear modelos de crecimiento económico.

En la actualidad, no hay respuestas argumentativas adecuadas a las siguientes preguntas: 1) ¿Qué está fuera de óptica de los modelos conocidos del desarrollo económico-social? 2) ¿Por qué éstos no son herramientas cualitativas del análisis durante periodos largos de tiempo? La causa principal de la falta de adecuación de los modelos conocidos del desarrollo económico consiste en, cómo se entiende el significado de las siguientes nociones: “desarrollo”, “estabilidad”, “desarrollo económico sostenido”; por eso, es indispensable el entendimiento profundo del contenido de dichas nociones según el método matemático correspondiente. El análisis revela que los modelos del crecimiento económico y los del desarrollo, derivados de dicho enfoque, “no funcionan” durante largos intervalos y esto también es

así, en las economías de los países con sistema político en periodo de transición. Durante cualquier periodo, las intenciones de modificar cualitativamente las economías en una sociedad están sujetas al fracaso, debido a la ausencia de instituciones que realicen las estrategias de la política económica óptima, basada en el empleo de los modelos conocidos del crecimiento económico. El presente análisis deja claro que los modelos tanto clásico como neoclásico del crecimiento económico describen sólo una etapa en el desarrollo cíclico; es decir, que el equilibrio o estado estacionario del crecimiento económico, son limitados en tiempo.

El principal problema teórico consiste en que el sistema económico-social, siendo complicado de por sí, se caracteriza por su naturaleza también complicada. Este sistema modifica su estado y el régimen de funcionamiento adaptándose a la tensión del ámbito económico mediante el proceso de desarrollo. Dicho sistema transita de la fase estable a la inestable y caótica, con lo cual el régimen de adaptación cambia al de bifurcación de su funcionamiento. Una vez realizada la reestructuración de relaciones, en el estado caótico, se revela que el régimen del funcionamiento de adaptación también vuelve a ser estable. Actualmente, ningún modelo de desarrollo trata de abordar esta característica primaria, natural de sistemas económico-sociales. Esta es la razón por la que estos modelos no son las herramientas cualitativas idóneas para el análisis del desarrollo económico-social.

Este artículo intenta superar tal barrera teórica y elaborar una ecuación de desarrollo que refleje la capacidad del sistema tanto para la autoorganización como para diferentes regímenes de funcionamiento. A partir de esta ecuación, se construye un modelo que sea un instrumento para el análisis de desarrollo de varios sistemas económico-sociales durante periodos largos.

1. Enfoque sistémico general de la teoría del desarrollo económico sostenido

En Chistilin (2004), se formuló la teoría del desarrollo y la autoorganización del sistema económico-social, fueron determinadas las categorías correspondientes, se explicó el mecanismo y se mostró la conexión entre la autoorganización y el desarrollo del sistema económico-social, presentando la autoorganización como un mecanismo institucional del desarrollo de dicho sistema. Más adelante se hará una breve referencia a los planteamientos fundamentales y necesarios para el entendimiento completo del material a exponer.

La teoría general de sistemas y de la información presentan otras maneras de entender cualitativamente el fenómeno de desarrollo económico, interpretado

habitualmente como crecimiento económico duradero. El desarrollo se aclara como un proceso de acumulación de la información estructural que eleva el nivel de la organización del sistema. Según la teoría general de sistemas, el desarrollo es una modificación del estado sistémico durante un periodo largo. Cada estado del sistema tiene características estructurales y cuantitativas propias. Así, en el proceso del desarrollo del sistema, las características estructurales y cuantitativas se modifican, lo que demuestra una evolución de la estructura de este mismo sistema, que le permite adaptarse a la influencia del medio exterior. En el sistema económico, la presión del medio es el crecimiento de la población y la escasez de recursos naturales. La adaptación del sistema se realiza mediante la acumulación de la información estructural, lo que favorece la estabilidad sobre la base del aumento del tamaño de la organización del sistema.

Según todo lo expuesto, es posible afirmar que un modelo del desarrollo económico debe comprender un parámetro que caracterice la estructura del sistema económico en cuanto a las condiciones y las reglas de la interacción de los agentes económicos. La resolución numérica de este modelo debe presentar una evolución de dicha estructura, que asegure la estabilidad del sistema social; es decir, que mantenga su integridad durante mucho tiempo. La organización política y la estructura de la política macroeconómica integran la estructura del sistema económico-social. De ese modo, la categoría de “estabilidad” adquiere un nuevo significado.

En la teoría sobre la estabilidad que proviene de la contribución científica de Poincaré y de Liapunov, se encuentra el modo de responder a dos preguntas clave: ¿qué se investiga, precisamente, según el punto de vista de la estabilidad? y en cuánto a la estabilidad, ¿con relación a qué se investiga? (Malkin, 1966; Filátov, 2003).

A partir de lo expuesto en el contexto del entendimiento sistémico y el de información del desarrollo económico sostenido del sistema social, se puede resumir lo siguiente. Es relevante la estabilidad del proceso de desarrollo del sistema social compuesto del subsistema político y del económico. El subsistema político es la característica estructural mientras que el económico representa los índices cuantitativos de su estado. Se investiga la estabilidad como un factor del mantenimiento de la integridad del sistema social durante un periodo largo con respecto al crecimiento de la población, y en condiciones de escasez de recursos.

El desarrollo económico sostenido del sistema social es un cambio sucesivo y periódico de sus estados, en un intervalo duradero, que está orientado al mantenimiento de la estabilidad (o sea integridad) del sistema, sobre la base de la reestructuración de sus relaciones, es decir, a la evolución de la

estructura del sistema. El desarrollo económico sostenido del sistema social es un cambio sucesivo de sus estados, en donde todas las trayectorias posibles de su desarrollo se acercan al campo de las posiciones sostenidas de las trayectorias mencionadas. Dicho campo está determinado por un conjunto de factores, los cuales caracterizan el régimen del funcionamiento del sistema durante un determinado periodo: la calidad o el tipo de organización política determinan el conjunto de atractores y su estructura; el desarrollo económico sostenido se considera como un movimiento del medio económico cuando la resolución del sistema de ecuaciones diferenciales, predestinadas para la descripción del desarrollo económico en forma de movimiento del medio económico, es estable en cuanto a la influencia del parámetro dirigente.

2. Autoorganización de sistemas sociales

Se sabe que la noción “autoorganización” proviene de la Física y se fijó en las Ciencias sociales al descubrir el fenómeno del caos a través de las obras científicas de Haken (1977), las de Stengers y Prigozhyn (1986) y otros investigadores como Bergé, Pomó y Vidal (1991). En las Ciencias naturales, el término “autoorganización” significa la autocomplejidad de la estructura del sistema en las condiciones de inestabilidad grave del ámbito, con el objetivo de mantener su equilibrio frente a los efectos de factores exteriores. La autoorganización es propia de los seres tanto de la naturaleza viva como de los objetos.

Una de las características de los sistemas sociales, es que la autoorganización se divide en varios niveles:

Nivel 1° o micronivel corresponde al de la lucha competitiva entre los agentes económicos por los recursos escasos y bienes, lo que lleva a su distribución activa en el mercado.

Nivel 2° o macronivel: en este, se presenta la formación autónoma de las reglas del juego económico entre los agentes, la cual se refiere a la distribución de recursos y bienes sobre la base de un subsistema político en forma de política macroeconómica óptima, lo que también mantiene la distribución razonable de recursos y bienes entre los agentes económicos durante un periodo largo.

Nivel 3° o metanivel: es el que corresponde a la reestructuración autónoma de las instituciones del sistema social, a la organización política del sistema mencionado, lo que se observa en la actualidad, tanto en los países en transición como en proceso de transformación.

Así, los dos primeros mecanismos de la autoorganización se realizan dentro de los límites del funcionamiento estable del sistema. El tercero aparece cuando la integridad de este sistema se encuentra bajo amenaza de ser inestable.

Por lo tanto, la optimización perpetua de la distribución de recursos y bienes entre los agentes del sistema es una base para mantener su integridad a lo largo de un periodo y se realiza a través de las actividades independientes de dichos agentes según las reglas de la organización política, es decir, mediante la formación y realización de la política macroeconómica.

3. Correlación entre la autoorganización y el desarrollo del sistema social

El proceso de formular y ejecutar tanto la política macroeconómica óptima como su arreglo flexible, en caso de haber cometido errores, es que se acumula información estructural durante un periodo largo porque, sobre la base de retrocomunicación incluida en la organización política, el sistema recibe la información de su estado corriente, lo compara con el anterior y así propone una decisión administrativa a modo de política macroeconómica. De manera tal, que la interrelación entre la autoorganización y el desarrollo del sistema social se hace evidente.

Lo mismo se observa entre el nivel de la autoorganización y la estabilidad del sistema capaz de optimizar la política macroeconómica y reaccionar a las destructivas modificaciones económicas y sociales. Por autoorganización se entiende el mecanismo de desarrollo del sistema social, en el que la calidad de la organización política determina las capacidades de tal sistema, frente al desarrollo económico sostenido durante la transición de la crisis hacia el crecimiento económico sin conflicto.

4. Los principios de la autoorganización y el desarrollo sostenido

Si el objetivo del desarrollo económico sostenido es mantener la integridad del sistema en condiciones del crecimiento demográfico y de la escasez de recursos, hay que tener en cuenta dos reglas principales:

1) El principio del *mínimum* de la disipación de recursos del sistema que se presenta de la manera siguiente: "Cada estado posterior del sistema distribuye menos recursos que el anterior. En el sentido económico, en cada estado posterior del sistema social, los recursos se distribuyen mejor que en el anterior, lo que crea un incremento del efecto económico que recompensa

el aumento de la presión del ámbito”. El principio del *mínimum* de la disipación, o sea la optimización de la distribución de recursos para la producción y bienes de consumo, disminuye esta disipación de recursos de modo natural. Eso significa que el proceso de la optimización o realización del principio indicado tiene la orientación inversa con respecto a la disipación de recursos o producción Y . La fuerza F de resistencia a la disipación de recursos del sistema denominada “el principio del *mínimum* de la disipación de recursos” es diametralmente opuesta al crecimiento económico o aumento de la producción Y' con coeficiente K_S , que refleja las peculiaridades estructurales del sistema; lo que significa que los institutos del sistema político realizan un funcionamiento útil para mejorar la distribución de recursos, para producir bienes de consumo, y además, la velocidad de la reacción del sistema político ante los cambios económicos desfavorables, en forma de arreglo de la estructura de la política macroeconómica actual, y el cambio sin conflicto de su orientación -en caso de haber cometido errores- por medio de sustituir el partido en el poder por el de la oposición. En otros términos, es la fuerza que refleja la cantidad de la autoorganización del sistema social S , lo que puede presentarse, del siguiente modo :

$$S = -Y'K_S \quad (1)$$

donde S , es la cantidad de la autoorganización; Y' , el crecimiento económico, es la primera derivada de la serie estadística del PIB durante el periodo de tiempo analizado; K_S , es el coeficiente que indica la utilidad de la estructura del sistema social de producir un efecto económico durante un largo periodo relacionado con la distribución de recursos para la producción y de bienes de consumo, a modo de formar y realizar la política macroeconómica óptima; por su parte, el signo negativo representa el efecto retroactivo de la fuerza que recompensa la disipación.

2) La regla de retener el potencial sistémico que se expresa: a) Como el potencial económico que consiste en la capacidad del sistema de producir un efecto económico. b) A través de transformarse de un estado a otro durante el desarrollo económico-social, el sistema social retiene constante el potencial económico, lo cual significa que modificando el estado durante el desarrollo económico, el sistema social guarda su capacidad de producir el efecto económico necesario y suficiente para mantener su estabilidad y retener su integridad: $P_{(E1)} = P_{(E2)} = const$; el potencial económico es la capacidad eventual del sistema económico para producir efecto económico cuando el sistema se transforma de un estado a otro durante el desarrollo económico necesario y suficiente para proveer su integridad o el desarrollo económico sostenido en las condiciones del crecimiento demográfico y la escasez de recursos agotables.

La formalización matemática del desarrollo sostenido

El efecto económico E_Y es el índice de la eficiencia del desarrollo que puede ser presentado del modo siguiente:

$$E_Y = Y''/L'' \quad (2)$$

El potencial de producir efecto económico se considera como la capacidad de mantener la productividad y eficiencia económica de tal sistema, según la cual, cumple la condición $E_Y = Y''/L'' \geq 1$, donde Y'' es la segunda derivada del PIB durante un periodo analizado y L'' es la segunda derivada de la serie estadística de la población durante un periodo analizado. El efecto económico, considerado como una característica dinámica del desarrollo, es la aceleración constante de crecimiento del PIB con respecto a los ritmos de crecimiento de la población del sistema social. El mantenimiento de la estabilidad del sistema favorece al potencial en producir efecto económico $E_Y = Y''/L'' \geq 1 = const.$

Esta condición también caracteriza al desarrollo sostenido.

6. Simulación de desarrollo del sistema económico-social¹

Según la ecuación ondulatoria de Burgers (ecuación del movimiento del ámbito físico), el desarrollo del sistema económico-social se presenta como una ecuación diferencial no lineal de segundo grado, que se expresa en (1):

$$\frac{dY'}{dt} + Y' \frac{dY'}{dL_Q} = K_S \frac{d^2Y'}{dL_Q^2} \quad (3)$$

Donde,

t = intervalo de tiempo cuando se examina el sistema;

Y = producción o serie estadística del PIB durante un cierto periodo de investigación;

$L_Q = LK_N$, trabajo calificado o número de la población durante un periodo de investigación tomando en cuenta la calificación de trabajo, donde L es la serie estadística de número de la población durante un periodo de investigación;

N = serie estadística de número de la población calificada durante un periodo de investigación;

¹ El autor expone detalladamente el enfoque de la simulación, en su artículo: "Pronóstico de la estructura de la economía mundial sobre la base del experimento numérico"// Economía de Ucrania № 9, 2009, pp. 57-67

K_N = coeficiente de calificación de trabajo del sistema económico-social que es indicador del aumento de la información estructural expresada por nuevos conocimientos almacenados.

La producción de conocimientos, su difusión y transición a un estado estructural, o sea tecnologías, equipamiento y otras formas, suponen el trabajo intelectual de la población calificada que se expresa por el aumento de N . De aquí sigue:

$$K_N = \frac{dN}{dt} = N' \quad (4)$$

La disipación de recursos se expresa por la función productiva $Y = F(k, L)$, donde k es el capital, L es la fuerza laboral durante periodos largos, $t \rightarrow \infty$ y $k \rightarrow 0$. Para un periodo largo, la función de producción será $Y = F(L, t)$.

La distribución óptima de recursos para la producción se expresa por la función de la autoorganización $S = F(I)$, donde I , es la información creada, $I = F(N)$, t es el tiempo para crearla e introducirla en el sistema. La información es una función del trabajo intelectual de personas calificadas que se determina por N . De esa forma, $S = F(N, t)$ se describe por la ecuación $S = Y'K_S$.

La cantidad de la autoorganización $S = Y'K_S$ es la fuerza de resistencia de disipación de recursos del sistema que realiza el método de minimizar esa disipación. Dicha fuerza es contraria al crecimiento económico o a la velocidad de producir bienes Y' con el coeficiente $K_S = S/Y'$, que refleja las características estructurales del sistema, de sus institutos (sistema político), para optimizar la distribución de recursos utilizados en el proceso de producir los bienes de consumo. Este coeficiente también se refiere a la velocidad de reacción del sistema político a las modificaciones económicas desfavorables a modo de reestructurar la estructura de la política macroeconómica actual y a su reorientación en caso erróneo, sin conflicto. En otros términos, es la fuerza que refleja la magnitud de la autoorganización del sistema social S .

El principio de la administración se basa en la hipótesis de Kondrátiev (2002), en la cual se afirma que el proceso de desarrollo (tendencia) tiene el núcleo del almacenamiento acumulativo de los dos componentes del sistema social: crecimiento de la población L y acumulación de capital k . Ambos componentes forman la función productiva $Y = F(k, L)$: progreso científico-técnico de Kondrátiev (2002). Si se refiere a un periodo largo $k \rightarrow 0$, el progreso científico-técnico se describe como acumulación de conocimientos nuevos (información) o como la función de agrupar personas con formación

universitaria, $I = F(N,t)$. Así, la ecuación muestra el traslado convectivo de las peculiaridades básicas del ámbito sobre la base de crecimiento de la población, tomando en cuenta la acumulación de conocimientos nuevos (información) que favorecen el aumento de la productividad o disipación de recursos del sistema que se expresa por:

$$\frac{dY^I}{dt} + \frac{dL_Q}{dt} \frac{dY^I}{dL_Q} \quad (5)$$

La ecuación (3) es equivalente a la derivada total de: $-\frac{dY^I}{dt}$

La ecuación (3) contiene el término adherente: $K_S \frac{d^2 Y^I}{dL_Q^2}$

De esta forma, la parte izquierda de la ecuación muestra el proceso disipativo, los ritmos de disipación de los recursos en el tiempo tomando en cuenta el crecimiento de la calificación de trabajo K_N ; mientras que la derecha refleja el proceso de difusión o el de compensación, es decir, la optimización tanto de los recursos para la producción, como los bienes para el consumo. La ecuación es la expresión de la regla de retener el potencial de producir efecto económico que se formula de la manera siguiente: “los ritmos de la disipación de recursos no renovables del sistema durante un largo periodo se compensan por su optimización gracias al método de disipación mínima, lo que garantiza la integridad y realización de las funciones del objetivo principal, o sea, la conservación de homeóstasis”. La disminución del efecto económico, expresada en la parte izquierda sobre la base de limitar las relaciones entre los ritmos de la producción y los de crecimiento demográfico, se compensa para producir un efecto económico debido al nivel más alto de la organización del sistema, según se observa en la parte derecha. Esto es lo que explica la naturaleza ondulatoria de los ciclos económicos y ante todo de los ciclos largos de Kondrátiev (2002), según los cuales se desarrolla la economía mundial.

La ecuación presenta la evolución estructural en forma de amplitud de las oscilaciones K_S . La acumulación de la información $K_N = \frac{dN}{dt}$, acelerando los ritmos de disipación de recursos, se compensa por su introducción en el sistema, es decir, por la estructuración. En la parte derecha de la ecuación, se indica cómo la información se hace estructural y cómo sube el nivel de la organización sistémica a través de la modificación K_S . La información del sistema político se convierte en estructural de acuerdo con las reglas vigentes

de la estructura de política macroeconómica y las modificaciones en el sistema de las economías en periodo de transición. La modificación de amplitud de oscilaciones K_S , de máximo a mínimo, indica la acumulación de la información estructural, complejidad de la estructura sistémica o su evolución durante un largo periodo.

Modelo del desarrollo del sistema económico-social

El modelo se fija del modo siguiente:

$$\frac{dY^I}{dt} + \frac{dL_Q}{dt} \frac{dY^I}{dL_Q} = K_S \frac{d^2Y}{dL_Q^2} \quad (6)$$

La condición de estabilidad es: $Y''/L'' \geq 1$.

7. Metodología del experimento numérico

La tarea principal consiste en encontrar la función de producción, dado el cambio de la calificación del trabajo en el tiempo. El resultado no abarca el análisis del proceso del desarrollo. El objetivo de la simulación es obtener una solución numérica del problema inverso, determinar el coeficiente de la autoorganización K_S del sistema económico-social con respecto al PIB = Y y la calificación de trabajo $L_Q = LK_N$, que se determina de modo estadístico en intervalo de un año. La posición del coeficiente K_S , durante los años 1970-2000, muestra tanto el panorama del desarrollo como la evolución de estructura del sistema investigado durante un determinado periodo largo (en este caso, durante 30 años). La simulación se realiza con el programa MathCad 14. Gracias a este programa es posible no sólo encontrar las soluciones numéricas del K_S , sino formar una tendencia lineal de su cambio, lo que da una idea de la dirección y el carácter de procesos acumulativos, es decir, las tendencias en el sistema que se investiga.

Para demostrar detalladamente los cambios de este sistema, se determinó la estabilidad del desarrollo para cada valor del coeficiente, también a intervalo de un año. Junto con el problema de estabilidad se calcularon la primera y la segunda derivadas de las series estadísticas: del PIB (Y); el número de la población (L) y la calificación de trabajo $L_Q = LK_N$, donde $K_N = \frac{dN}{dt}$ y N es

la cantidad de población con formación universitaria. Estas derivadas caracterizan muy bien la calidad de los principales procesos acumulativos en el sistema económico-social durante un periodo duradero y su conexión con el desarrollo; con los cambios de K_S y la estabilidad Y''/L'' .

Así, el plan del experimento es:

- Determinar el coeficiente de la autoorganización; es decir, la eficiencia económica del sistema político K_S para cada sistema investigado a intervalo de un año durante el periodo, desde 1970 hasta 2000, a fin de elaborar una gráfica y una tendencia lineal.
- Elaborar una gráfica del crecimiento del PIB (Y), durante el periodo investigado para el presente sistema y determinar su calidad; es decir, la velocidad del crecimiento Y' y sus características, además el ritmo de crecimiento Y'' , o sea, la primera y la segunda derivadas de la serie estadística del PIB (Y).

Según el plan expuesto, se presenta una gráfica de crecimiento de la población L y sus características, la primera derivada L' y la segunda L'' . Se calcula la calificación de trabajo, $L_Q = LK_N$ para los valores dados de L (número de la población) y de N (número de la población con formación universitaria) del presente sistema, y del periodo indicado (30 años, desde 1970 hasta 2000) a intervalo de un año, y se determina la calidad de la modificación de la calificación de trabajo L_Q' . Por último, se presenta una gráfica de estabilidad para el presente sistema, a cada intervalo de la solución K_S , durante todo el periodo. Los datos obtenidos de K_S se introdujeron en la ecuación del desarrollo y se resuelve el problema directo. La exactitud del resultado fue verificada comparando la gráfica del PIB generado con la simulación, con la del PIB observado (real).

Cabe señalar que se verifican todos los sistemas examinados. Para diferentes sistemas, el plan del experimento es el siguiente: en la 1ª etapa, aparece la simulación del desarrollo de grupos de países de la URSS–CEI y los de la CEE–UE; en la 2ª etapa están países como China e India; en la 3ª etapa está la Economía Mundial en total.

8. Fuentes de información

Para la simulación del desarrollo de diferentes sistemas económico-sociales, se analiza el periodo desde el año 1970 hasta el año 2000. Se eligió este intervalo con base en los datos estadísticos del número de la población con formación universitaria solo para el periodo indicado. Los datos estadísticos del PIB y los del número de la población fueron tomados de *The World Economy*²; los del número de la población con formación universitaria son

² A. Maddison, OCDE, 2003.

los de Lutz, Goujon y Sanderson.³ Como los últimos datos se refieren sólo a 119 países (incluso Hong-Kong y China por separado), los cálculos numéricos también se refieren a este número de países. Al principio, el número de la población de países elegidos fue 93.7% de la población total del planeta. El volumen de su PIB es 95.2 % del volumen total del planeta. En consecuencia, se considera que la presente cantidad de información estadística es suficiente para describir las tendencias del desarrollo tanto de la economía mundial como la de los países y de sus grupos, para realizar el experimento numérico.

9. Análisis de los resultados obtenidos de las simulaciones

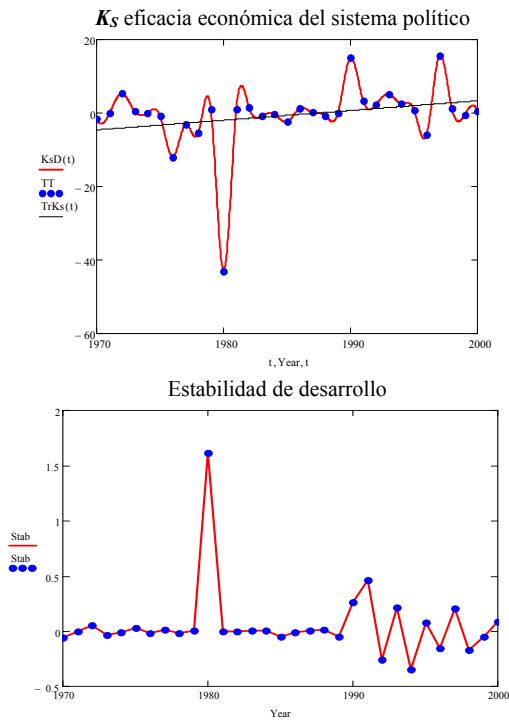
En primer lugar, se analiza el desarrollo de grupos particulares de los países de la Economía Mundial: la URSS-CEI, la CEE-UE. En segundo, países particulares como: China e India. Finalmente, el experimento consiste en la simulación del desarrollo de la economía mundial.

Modelo de la simulación del sistema de la URSS-CEI

Se modela el objeto económico considerado más interesante, el sistema de la URSS-CEI (figura 1). Se calcula el coeficiente de la eficiencia económica del sistema político K_S , de la tendencia lineal, su estado y estabilidad. En la primera gráfica mostrada en la figura 1, se demuestra que la tendencia de la eficiencia económica del sistema político K_S de la URSS desde 1970 tiende a 0 (cero), y cruza el punto de la eficiencia, cero, entre los años 1989-1990. Eso significa que la descomposición de la URSS y relacionado con este hecho histórico, la destrucción de su sistema político, están representadas en la gráfica de tendencia, cuando de 1989 a 1990, K_S obtiene el valor cero ($K_S = 0$). En la figura 1 (segunda gráfica) se indica que el sistema social de la URSS, se estaba desarrollando establemente hasta 1989. Desde ese año, 1989, el indicador de la estabilidad empezó a desviarse de los anteriores, lo que puso en evidencia la aparición del estado inestable y la transformación del funcionamiento sostenido de un sistema económico-social a uno inestable, lo que es propio que suceda en una economía en transición.

³ W. Lutz, A. Goujon, W. Sanderson (2007). Reconstruction of population by age, sex and level of educational attainment of 120 countries for 1970-2000 Vienna Yearbook of Population Research. W. Lutz, A. Goujon, W. Sanderson.

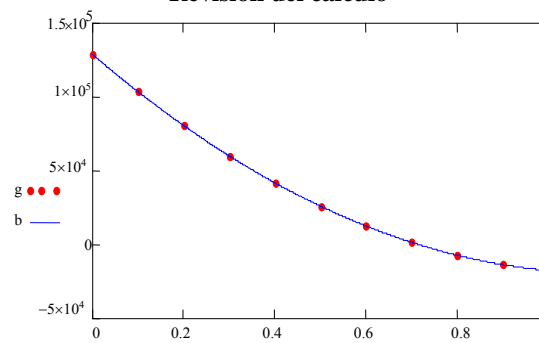
Figura 1
Modelo de desarrollo de la URSS-CEI de los años 1970-2000



Fuente: elaboración propia.

Más adelante, se revisa el resultado obtenido, es decir, la solución numérica de la ecuación del desarrollo (figura 2). Gracias a la revisión es posible afirmar que la solución numérica de la ecuación del desarrollo es exacta y corresponde a las condiciones del problema planteado.

Figura 2
Revisión del cálculo

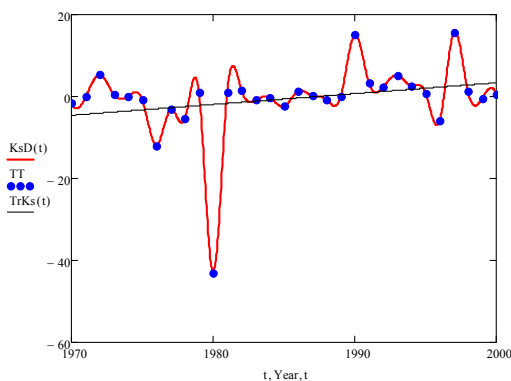


Fuente: elaboración propia.

Este grupo (URRS-CEI) incluye los países que formaban parte de la URSS hasta el año 1990 y la CEI después de este año. Los países-miembros de la UE como Moldova, Georgia y los del Báltico no se incorporan por ausencia de los datos estadísticos en cuanto a la cantidad de las personas con formación universitaria. Los puntos deben colocarse sobre la línea.

La simulación permite presentar el desarrollo de los procesos acumulativos en el sistema de la URSS-CEI y resumir la estructura del territorio postsoviético, así como las causas de la descomposición de la URSS. El análisis de la figura 3 señala, que el valor del coeficiente de la eficiencia económica del sistema político K_S se reduce a cero, y refleja la descomposición del sistema político de la URSS. La tendencia también demuestra que después de la descomposición de la URSS, el carácter negativo del coeficiente pasó a ser positivo. Esta transformación indica que, hasta el año 1990, el valor de eficiencia económica del sistema político unitario de la URSS era más bajo que el sistema de autoadministración de los países-miembros de la CEI, después del año 1990.

Figura 3
K_s, Eficacia económica del sistema político de la URSS-CEI

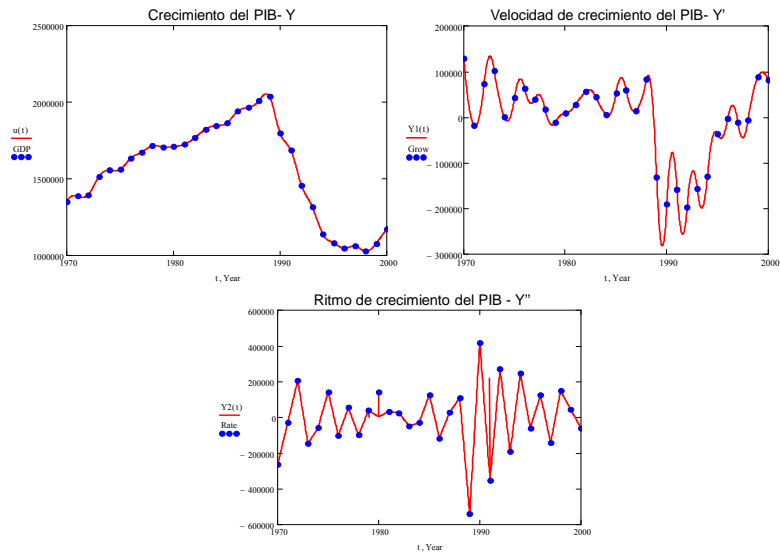


Fuente: elaboración propia.

Asimismo, la gráfica de la estabilidad, en la figura 6, explica la situación. Durante los años 1989-1990, el sistema de la URSS-CEI cambió el régimen del funcionamiento de adaptación al régimen de bifurcación. El estado inestable -después de 1989- indica la discordancia de la política macroeconómica de los países de la CEI, que difiere de la centralizada política económica coordinada hasta el año 1990 y, también, la falta de los institutos supranacionales para coordinar los objetivos de la política macroeconómica de los países de la CEI. Eso, a su vez, supone las conclusiones a las que se llega, según se verá. Las gráficas, en las figuras 4, 5 y 6, aclaran la esencia de las tendencias principales en el sistema de la URSS-CEI, las cuales duran ya 30 años y persisten hasta la actualidad. El dinamismo del PIB hace ver que hasta el año 1989, este crecía con una tendencia positiva, lo que muestran las gráficas de velocidad Y' y las de ritmos del crecimiento Y'' (figura 4). Desde el año 1989, la dirección de la tendencia de crecimiento del PIB sigue variando.

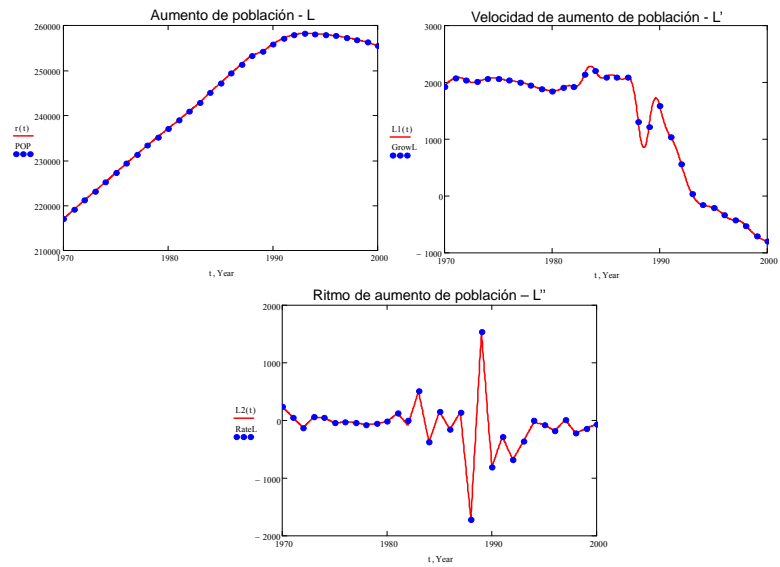
Desde 1989 hasta 1999, el decrecimiento drástico del PIB se presentó con aceleración positiva. Desde 1989, la dinámica del número de la población L también refleja la disminución con aceleración negativa (figura 5). La reducción en el número de la población se acelera y muestra tendencia hacia el equilibrio, lo que entra en contradicción con la previsión de la ONU, en cuanto al aumento de dicho número hasta el año 2050 para los países-miembros de la CEI, en donde se observa una disminución considerable; en Ucrania, por ejemplo, hasta de 30 a 33 millones.

Figura 4
Crecimiento del PIB de la URSS-CEI



Fuente: elaboración propia.

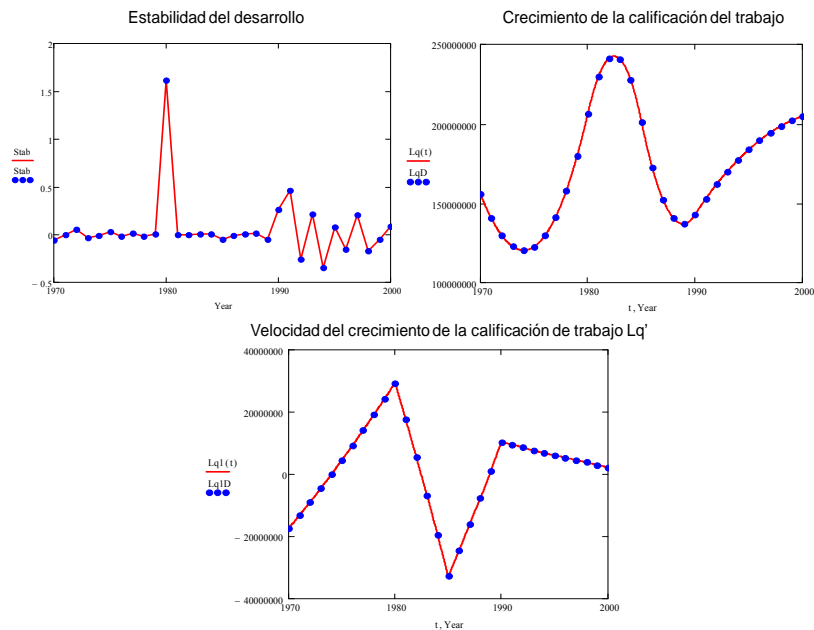
Figura 5
Aumento de la población de la URSS-CEI



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica del cambio de la calificación de trabajo L_Q (figura 6), se puede observar la dinámica positiva de la calificación de trabajo de la población de la URSS hasta el año 1981. Durante los años 1981-1982, la tendencia de la calificación de trabajo cambió su valor positivo a negativo y la calificación de trabajo de la población empezó a bajar desacielerándose hasta el año 1985 y, contrariamente, se acelera después de 1985 hasta 1990. En 1990 la tendencia cambió. La dinámica se volvió positiva desacielerándose, lo que evidencia el ritmo lento del crecimiento de la calificación de trabajo en los países de la CEI. El salto cualitativo de la calificación de trabajo en el año 1990 caracteriza el inicio de la integración independiente de los países de la CEI con la Economía Mundial y, la formación de su propia posición en la división internacional de trabajo, para cada país.

Figura 6
**Estabilidad del desarrollo y crecimiento de la calificación del trabajo –
 Lq de la URSS-CEI**



Fuente: elaboración propia.

De lo expuesto, resulta lo que enseguida se sintetiza. La eficiencia económica baja del sistema político provocó la tendencia negativa de la

caída de la calificación de trabajo L_Q y predestinó la descomposición del sistema político de la URSS. A su vez, la tendencia negativa que es considerada la base de la función de producción, predeterminó la caída del PIB de la URSS durante los años 1988-1990. En las condiciones de alto nivel de consumo, en los países con avance tecnológico, tanto la caída a saltos del PIB como la de la calificación de trabajo causaron la inestabilidad social y la reestructuración del sistema político de la URSS, ahora convertida en la CEI. La gráfica de la estabilidad presenta no sólo un cambio de los regímenes del funcionamiento sino una etapa de transformación de la URSS-CEI, cuando se forman tanto nuevos institutos supranacionales como nuevas condiciones de la cooperación entre países.

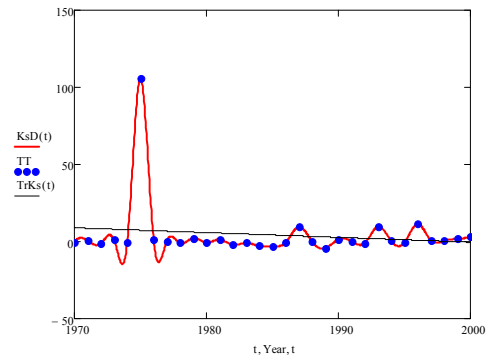
Después de 1990, la ausencia de estabilidad del sistema de la URSS-CEI llevó a una política macroeconómica no coordinada entre los países de la CEI. Según lo dicho, es posible notar que la condición necesaria del desarrollo económico sostenido para todos los países de la CEI, incluso la Federación Rusa, es la formación rápida de institutos supranacionales que coordinen la política macroeconómica que se sigue en la UE.

Los intereses económicos y las orientaciones de la política macroeconómica de un país (por ejemplo, de la Federación Rusa) no pueden considerarse como una dominante en la formación de las relaciones entre países. Eso retrasa el desarrollo de todo el grupo de los países de la CEI, incluso la Federación Rusa, y aumenta el atraso del grupo respecto de los países desarrollados.

Modelo de la simulación del sistema de la CEE-UE

La gráfica K_S (figura 7) muestra alta eficiencia económica del sistema político de la Unión Europea, en vía de formación y desarrollo. La tendencia K_S es hacia el punto cero, sin cruzarlo. Sin embargo, el carácter negativo de la tendencia, aunque poco expresado, pronostica que, en el primer cuarto del siglo XXI, la UE tendrá algunos problemas en el sistema político y que el proceso de la expansión habrá de detenerse. No obstante, la dinámica y las características de los indicadores básicos muestran una situación bastante satisfactoria.

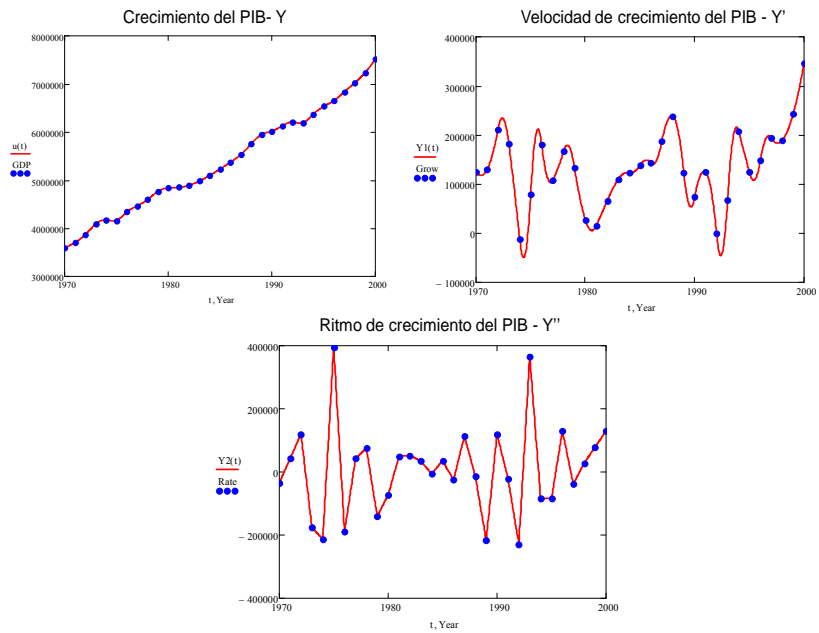
Figura 7
K_s, Eficacia económica del sistema político de la UE



Fuente: elaboración propia.

El PIB de los países-miembros de la UE crece progresivamente (figura 8).

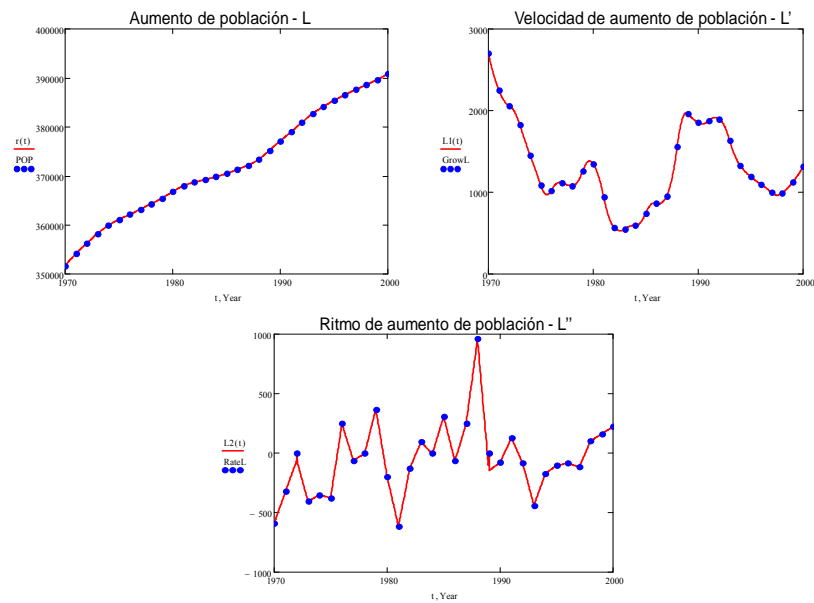
Figura 8
Crecimiento del PIB de la UE



Fuente: elaboración propia.

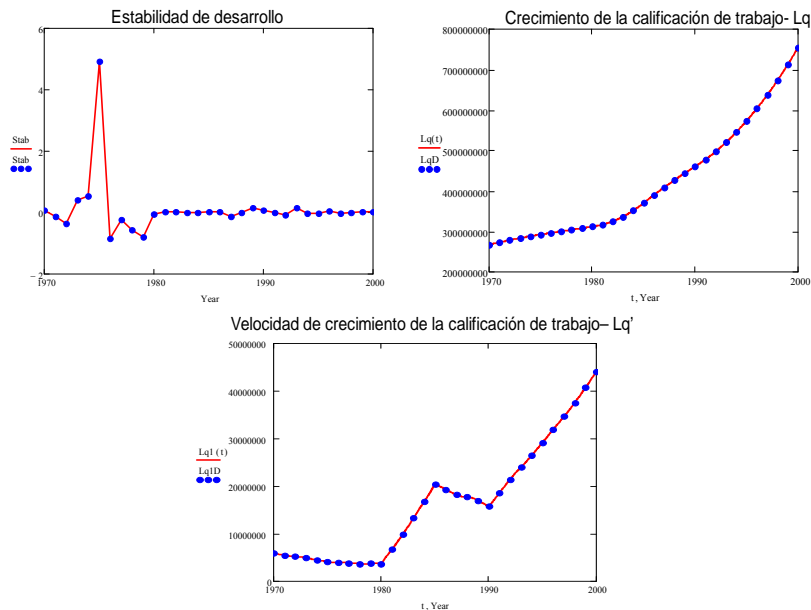
La dinámica de la desaceleración de aumento de la población no impide el crecimiento del PIB (figura 9), con esto, la calificación del trabajo se incrementa progresivamente (figura 10). Por su parte, la situación del desarrollo del sistema de la CEE y el de la UE está resumida en la gráfica de la estabilidad donde se muestra el desarrollo sostenido de la Comunidad de Europa Occidental, durante los años 1976-1977. La expansión secuencial de la UE, es decir, el número de los países incorporados en la UE (desde 15 hasta 27) no impiden la estabilidad en el ámbito económico de la UE, o sea, su desarrollo.

Figura 9
Aumento de la población de la CEE-UE



Fuente: elaboración propia.

Figura 10
**Estabilidad del desarrollo y crecimiento de la calificación del trabajo –
 Lq de la CEE-UE**



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el análisis que se ha presentado permite deducir las siguientes conclusiones:

Por un lado, el sistema político democrático, con una oposición activa y eficaz frente al nivel nacional, asegura el desarrollo sostenido de la UE. Tal sistema forma una política macroeconómica que se considera es efectiva u óptima.

Por el otro, la concordancia de los objetivos principales de la política macroeconómica de varios países se observa en el nivel supranacional. La Unión Europea dispone de las instituciones supranacionales en cuanto a la coordinación de las tareas principales de la política macroeconómica, para todo el espacio económico de la UE, lo que constituye la base del desarrollo estable.

En consecuencia, los principios institucionales de la integración de la CEE-UE basados sobre la constitución de los organismos de acuerdo político nacional entre varios países y grupos civilizados, dentro de los límites de un

sistema económico-social, pueden ser el eje para formar estrategias del proceso de integración en el territorio postsoviético dentro de la CEI.

Modelo de la simulación del sistema de China

El análisis del coeficiente de la eficiencia económica del sistema político K_S de China muestra que:

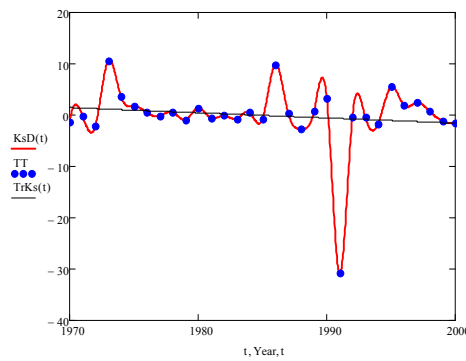
- La línea de tendencia K_S cruza el punto cero adquiriendo una amplitud igual a 0 ($K_S = 0$) alrededor de los años 1986-1988. En este mismo periodo, en China, se observa la reorganización con el desplazamiento hacia las relaciones de mercado, lo que se conecta con la reorganización o Perestroyka durante el gobierno del Sr. Gorbachov en la URSS.
- No es sino hasta los años 1986-1988 cuando se observa el desarrollo bastante estable del sistema chino. Entonces, K_S (figura 11) y el indicador de la estabilidad (figura 14) resultan constantes. Esto demuestra que, hasta los límites ya conocidos que necesitan la determinación futura, el sistema político unitario tanto de China como el de la URSS se desarrollan de manera sostenible y se ven constantes.

Sin embargo, durante los años 1987-1993 no se observa la misma situación. En el año 1993, el sistema chino perdió la estabilidad y pasó al régimen de bifurcación en cuanto a su funcionamiento. Eso hace evidente la amplitud de oscilaciones de K_S , desde el año 1990 (figura 11), y la de estabilidad (figura 14). Lo expuesto indica la falta de reacción del sistema político de China en relación con la velocidad de las modificaciones. Esto evidencia una de las particularidades de la eficiencia económica en cualquier sistema político, o sea, la velocidad de la reacción a los cambios de los indicadores macroeconómicos y la formación de la política macroeconómica, correspondiente. En otros términos, el proceso de tomar decisiones y la calidad de la política macroeconómica no permiten determinar que el sistema político de China sea altamente eficaz.

El ritmo de crecimiento del PIB se considera positivo; pero, desde el año 1994, se observa una desaceleración considerable (figura 12). De esta forma, el ritmo de crecimiento y el sistema en su totalidad se ven inestables. El ritmo de crecimiento de la población L es satisfactorio pero está desacelerándose constantemente (figura 13). El crecimiento de la población se desacelera como ya se vio, desde el año 1986. El ritmo de crecimiento de la calificación de trabajo es satisfactorio aunque se observa una desaceleración considerable de aumento de la población a partir del año 1986 (figura 14). En este mismo año, se quiebra la estabilidad del desarrollo de China y el sistema comienza a desarrollarse según el mecanismo de bifurcación y este último se hace inestable desde el año 1993, lo que trae las

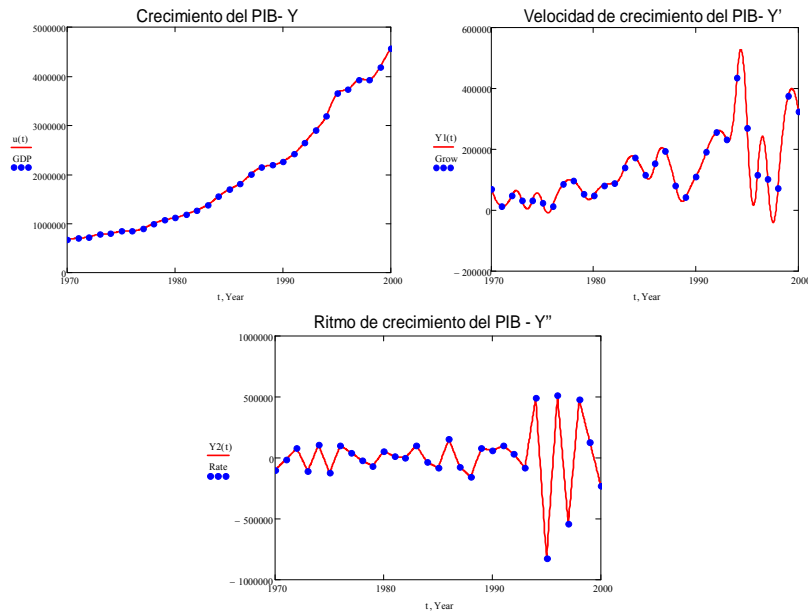
consecuencias negativas en el desarrollo del sistema de China (figura 14, gráfica de la derecha).

Figura 11
 K_S , Eficacia económica del sistema político de China



Fuente: elaboración propia.

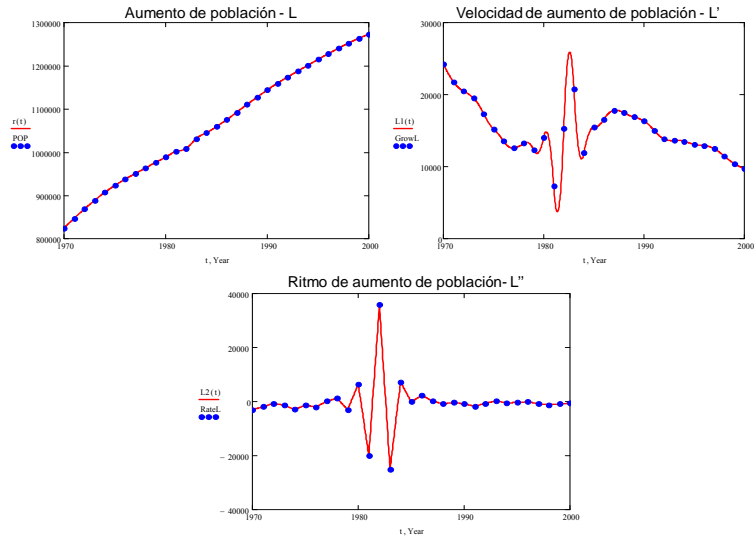
Figura 12
Crecimiento del PIB de China



Fuente: elaboración propia.

Figura 13

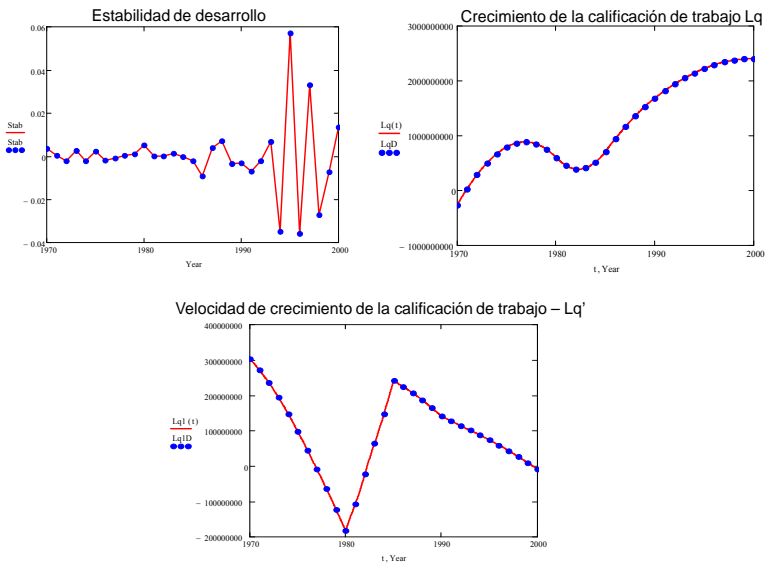
Aumento de la población de China



Fuente: elaboración propia.

Figura 14

Estabilidad del desarrollo y crecimiento de la calificación del trabajo – Lq de China



Fuente: elaboración propia.

De todo lo expuesto, para el sistema económico de China, se deduce:

1. El sistema económico-social se desarrollaba desde 1970 hasta 2000 y reflejaba las siguientes tendencias: desaceleración constante de los ritmos de crecimiento del PIB, del aumento de la población y de la calificación de trabajo.
2. El régimen de adaptación del sistema se cambió por el de bifurcación y, como consecuencia, ese sistema pasó del estado sostenible al inestable.
3. El cambio del régimen tiene lugar alrededor de los años 1990 (1987-1993).

Por otra parte, del análisis recién presentado, se concluye que:

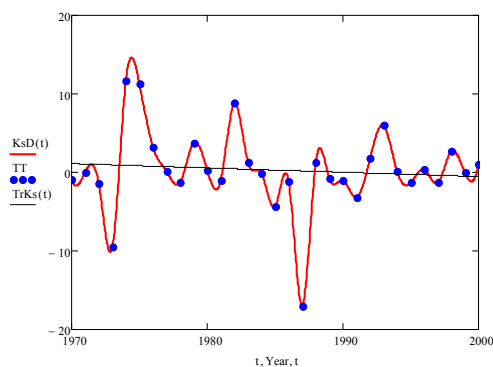
1. El paso del desarrollo de la República China al siglo XXI es acompañado por tendencias desfavorables, es decir, la desaceleración de todos los procesos acumulativos: del crecimiento del PIB, del número de la población y de la calificación de trabajo. Así mismo las tendencias siguen mostrando retardo en el siglo XXI.
2. El sistema de China pasó al régimen de bifurcación y al estado inestable. El sistema debe reestructurarse respecto de sus institutos políticos. El desarrollo de China se hará sostenido sólo cuando se detenga este proceso de bifurcación.
3. La reorganización hacia la economía de mercado volvió al sistema político vigente de China más eficaz que antes, pero no tanto como el sistema del modelo “democrático” de los países de la UE, EEUU y Japón. China es un país transitorio que está en la fase de transformación de la sociedad, a pesar de los considerables logros económicos.
4. Se puede afirmar que en dichas condiciones China no será uno de los líderes mundiales en la economía (a corto plazo, hasta dentro de unos 15 años; a mediano plazo, hasta en unos 30).
5. La moneda nacional de China no será considerada una de las monedas básicas de la Economía Mundial, no a corto ni a mediano plazos.

Modelo de la simulación del sistema de la India

A diferencia de China, el análisis del coeficiente de la eficiencia económica del sistema político de la India K_S muestra un desarrollo inestable, caracterizado por una amplitud considerable de oscilaciones K_S (figura 15).

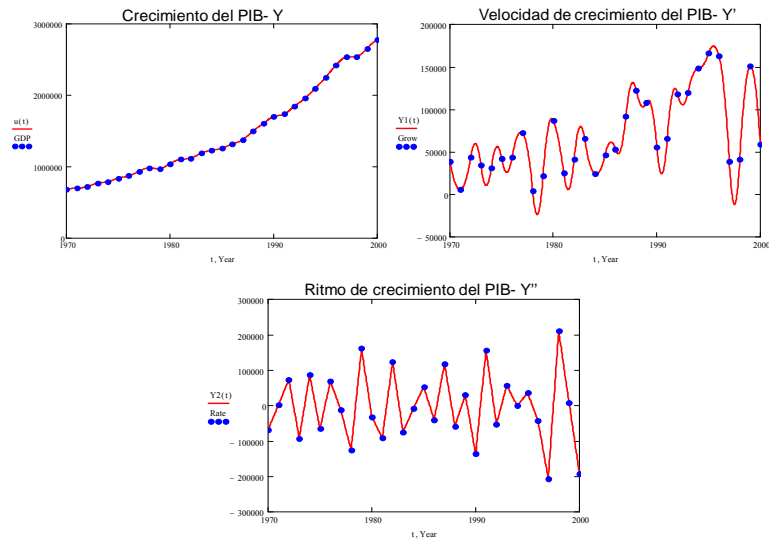
En el año 1987, la tendencia del K_S se acerca y cruza la línea de la amplitud cero alrededor del punto que corresponde al año 1990; desde el año 1991, el desarrollo se hace estable (figura 18) y las oscilaciones del K_S también disminuyen a partir del año 1991. Esto significa que el sistema político de la India empezó a subir su eficiencia en los años 1990. El ritmo de crecimiento de la población de la India (L) es satisfactorio con una tendencia de aceleración positiva que se retrasó un poco en los años 90 del siglo XX (figura 17). No obstante que tal retardo implica una desaceleración, el ritmo del PIB es satisfactorio, es decir, evoluciona progresivamente (figura 16). La dinámica de la calificación de trabajo es satisfactoria, ya que acelera rápidamente el ritmo a partir del año 1990 (figura 18). El desarrollo del sistema de la India modifica su estado pasando a la estabilidad, alrededor del punto correspondiente al año 1990 (figura 18). Aquí se observa la correlación particular entre la estabilidad del desarrollo y el modo fraccionado de crecimiento de la calificación de trabajo L_Q .

Figura 15

 K_S , Eficacia económica del sistema político de la India

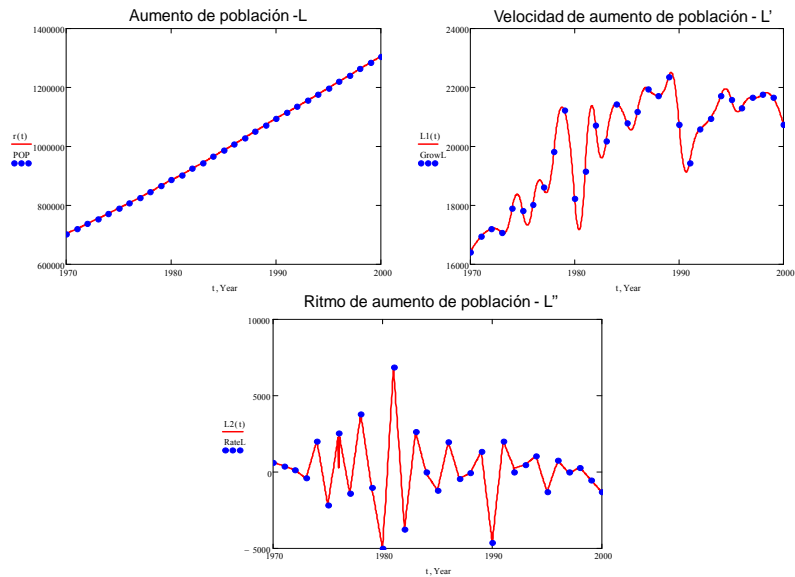
Fuente: elaboración propia.

Figura 16
Crecimiento del PIB de la India



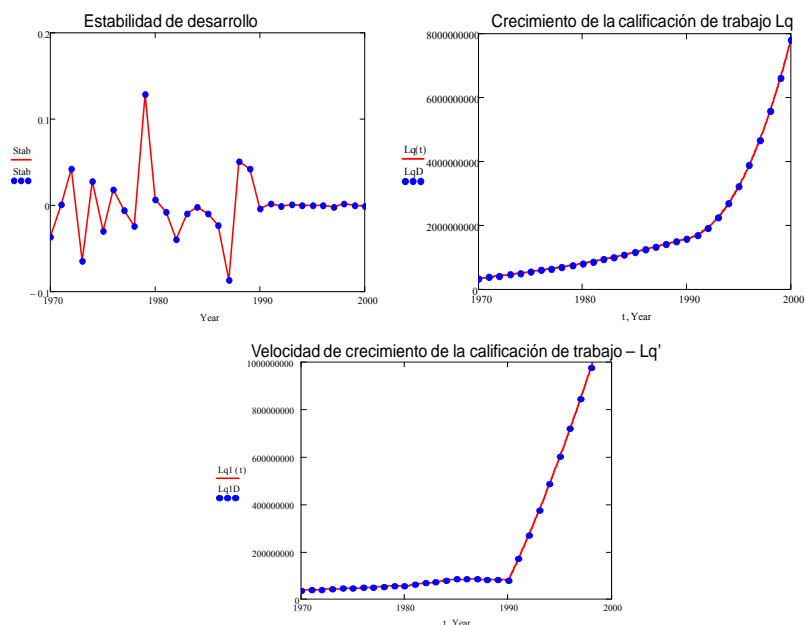
Fuente: elaboración propia.

Figura 17
Aumento de la población de la India



Fuente: elaboración propia.

Figura 18
Estabilidad del desarrollo y crecimiento de la calificación del trabajo – Lq, de la India



Fuente: elaboración propia.

Así, el análisis anterior posibilita llegar a las siguientes conclusiones:

1. La India modificó el régimen de bifurcación al de adaptación en el punto correspondiente al año 1990; es decir, pasó del estado inestable de la transformación al estable del desarrollo económico sostenido. La India pasó del periodo de la transformación de un país en vía de desarrollo al estado de un país desarrollado.
2. El desarrollo del sistema económico-social de la India pasó al siglo XXI con tendencias positivas en cuanto al crecimiento del PIB, al crecimiento de la población L y a la calificación del trabajo L_Q .
3. El crecimiento de la calificación del trabajo de la India corresponde al L_Q de Japón y los países de la UE.
4. Tomando en cuenta el hecho de que, el número de la población de la India crece progresivamente y supera considerablemente tanto el número de la

población de Japón, EEUU y los países de la UE como el crecimiento de la calificación del trabajo, esto permite afirmar que la India será uno de los líderes económicos del siglo XXI. Además, la rupia pretenderá posicionarse como una de las monedas mundiales.

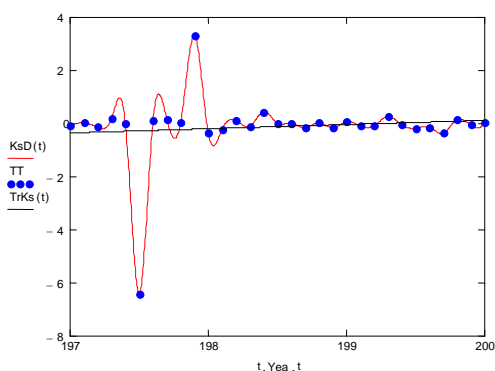
Modelo de la simulación del sistema de la economía mundial

El análisis del coeficiente de la eficiencia económica del sistema político de la Economía Mundial K_S (figura 19) muestra que, desde la segunda mitad de la década de 1980, la Economía Mundial empezó a desarrollarse con estabilidad y funcionar efectivamente, desde el punto de vista económico. La tendencia lineal del K_S de la Economía Mundial cruza la línea de la amplitud de cero que corresponde al año 1990.

Cabe señalar que alrededor de dicho año, se vio la descomposición del sistema político de la URSS-CEI. La constitución bipolar del sistema político mundial pasó al modelo monopolar, según el cual los Estados Unidos ocuparon la posición dominante. El ritmo de crecimiento del PIB se ve satisfactorio, con tendencia positiva (figura 20). El ritmo de crecimiento de la población es favorable, pero se observa una desaceleración considerable desde el año 1994 (figura 21). El ritmo de crecimiento de la calificación del trabajo L_Q de la Economía Mundial es satisfactorio, lo que favorece el crecimiento rápidamente desde el año 1990 (figura 22). La gráfica de la estabilidad indica que el proceso del desarrollo se modifica cualitativamente alrededor del punto correspondiente a los años de 1990 (1988-1991). El régimen inestable de la Economía Mundial se cambió por el estable y está desplazándose hacia el desarrollo económico sostenido.

Figura 19

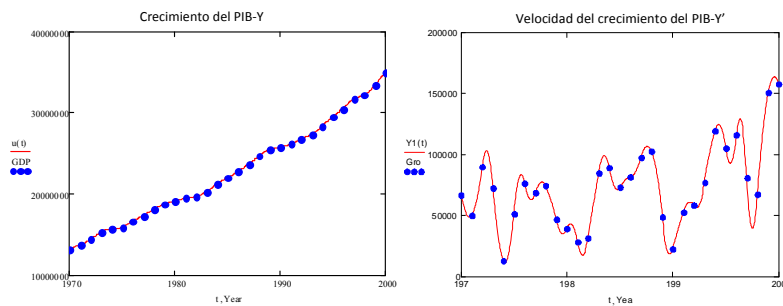
K_S , Eficacia económica del sistema político de la economía mundial



Fuente: elaboración propia.

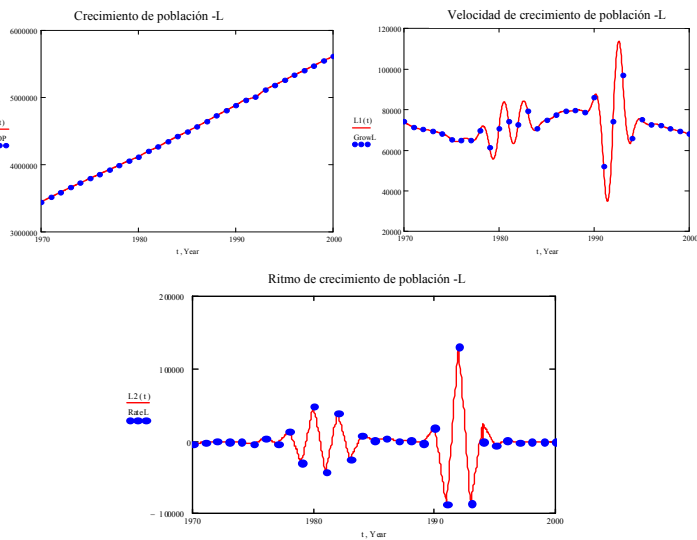
Es importante mencionar que desde los últimos años de 1980, se observó una difusión activa de nuevas tecnologías de procesamiento y transmisión de la información, como teléfonos celulares, internet, computadoras, entre otras tecnologías. De conformidad con los ciclos de Kondrátiev, el año 1990 se caracteriza por un límite de los ciclos o el cambio, de la tendencia al alza por una tendencia a la baja, lo que provoca la modificación de la constitución tecnológica de la Economía Mundial.

Figura 20
Crecimiento del PIB de la economía mundial



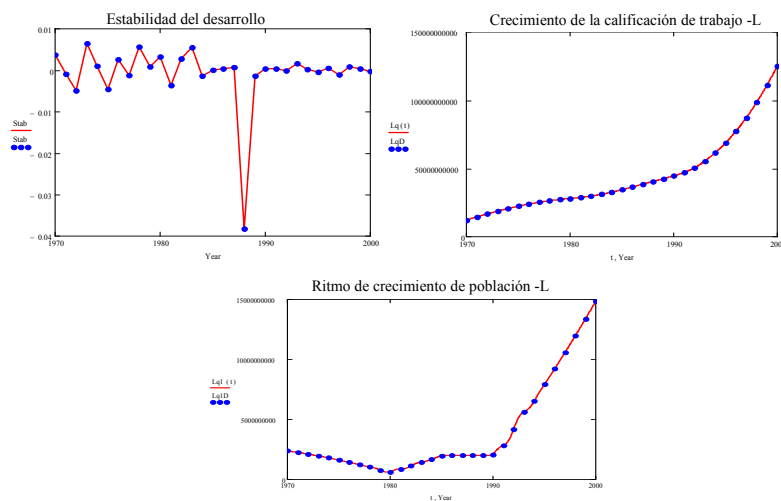
Fuente: elaboración propia.

Figura 21
Aumento de la población de la economía mundial



Fuente: elaboración propia.

Figura 22
**Estabilidad del desarrollo y crecimiento de la calificación del trabajo –
 Lq de la economía mundial**



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los resultados de la simulación permiten afirmar lo siguiente: la ecuación del desarrollo basada en los principales procesos acumulativos, es decir, en las tendencias según Kondrátiev, describe correctamente el desarrollo de sistemas económico-sociales durante periodos largos y refleja tales especialidades de complicados sistemas económico-sociales, como: cambio de regímenes de funcionamiento, autoorganización y el carácter ondulado de ciclos largos de Kondrátiev.

Los modelos de desarrollo de diferentes sistemas económico-sociales, basados en dicha ecuación, permiten analizar no sólo el desarrollo sino sus efectos: principales tendencias acumulativas, cambio de los regímenes de funcionamiento y calidad de dicho desarrollo.

La modificación de la amplitud de oscilaciones del K_S presenta la evolución de la estructura sistémica, es decir, explica el proceso del desarrollo.

El alza de la amplitud de oscilaciones del K_S significa la ausencia del estado sostenido y su transformación en inestable, dada la disminución de eficiencia de la política macroeconómica corriente.

La reducción de la amplitud de oscilaciones del K_S demuestra la acumulación de la información estructural gracias a la formación de nuevos institutos y a la estructura de una política macroeconómica que aumenta la eficiencia económica total del sistema que, a su vez, lo hace volver a la forma estable.

El cambio de estados y de regímenes del sistema, expresado por la transformación de las oscilaciones del K_S , aclara el proceso de la autoorganización que garantiza la estabilidad del desarrollo del sistema económico-social, durante mucho tiempo.

De acuerdo con las ondas largas de Kondrátiev, en el sistema Económico Mundial se observa un cambio de regímenes económicos alrededor de 1990 (1987-1993). Así, la teoría de la existencia de ondas largas de Kondrátiev, que hasta ahora se basa sobre el análisis de los datos empíricos, ha sido puesta en la práctica, gracias al presente experimento numérico.

Referencias

- Aghion Ph. and P. Howitt (1998). "Endogenous Growth Theory." London: The MIT Press.
- Barro R. J. and X. Sala-i-Martin (2004). "Economic Growth. Second edition." London: The MIT Press, 23-56, 85-135, 217, 226 – 230, 247-267, 398, 310-313.
- Берже П., И. Помо, К. Видаль (1991). "Порядок в хаосе." М.: Мир.
Bergé P., I. Pomó, K. Vidal (1991). "Orden en el caos."
- Чистилин Д. К. (2004). "Самоорганизация мировой экономики: евразийский аспект." М.: «Экономика», с. 84-94; 111-112.
Chistilin D.K. (2004). "Autoorganización de economía mundial: aspecto eurasiático."
- Филатов А.Н. (2003). "Теория устойчивости." М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований.
Filátov A. N. (2003). "Teoría de estabilidad."
- Foley, Duncan K. and Thomas R. Michel (1999). "Growth and Distribution." London: Harvard University Press, 136-174.
- Grossman G. M. and E. Helpman (2001). "Innovation and Growth in the Global Economy." The MIT Press, 24 - 42.

- Haken H. (1977). "Synergetics: An Introduction." Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kuznets S. (1973). "Population, Capital and Growth." New York.
- Кондратьев Н.Д. (1989). "Основные проблемы экономической статики и динамики." М.: Экономика.
Kondratiev N.D. (1989). "Problemas principales de estática y dinámica."
- _____ (2002). "Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения." М.: Экономика, с. 503-507.
Kondratiev N.D. (2002). "Ciclos grandes de coyuntura y la teoría de previsión."
- Малкин И.Г. (1966). "Теория устойчивости движения." М.: Наука.
Malkin I.G. (1966). "Teoría de la estabilidad de movimiento."
- Rostow W.W. (1956). "The take-off into self-sustained growth." *Economic Journal* 66, 25- 48.
- Рыженков А.В. (2003). "Модели циклического роста." Новосибирск, ИЭ и ОПП СО РАН.
Ryzhenkov A.V. (2003). "Modelos de crecimiento cíclico."
- Стенгерс И., И. Пригожин (1986). "Порядок из Хаоса." М.: Прогресс.
Stengers I. and I. Prigozhyn (1986). "Orden del Caos."
- Тодаро М.П. (1997). "Экономическое развитие." М.: Юнити, с. 82-91.
Todaro M.P. (1997). "Desarrollo económico."
- Хансен, Э. (1997). "Экономические циклы и национальный доход." М.: Экономика, Т.2, с.277-296.
Jansen E. (1997). "Ciclos económicos y la renta nacional."
- Харрод, Р. (1997). "Теории экономической динамики." М.: Экономика, Т 1, с. 41-186.
Járrod R. (1997). "Teorías de dinámica económica."
- Шумпетер Й. (1982). "Теория экономического развития." М.: Прогресс.
Shumpeter Y. (1982). "Teoría de desarrollo económico."

Ensayos Revista de Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, volumen treinta, número uno, se terminó de imprimir el primero de mayo del año dos mil once en los talleres de Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64000.

El tiraje consta de 30 ejemplares.

Ensayos Revista de Economía es una revista arbitrada que publica artículos de investigación inéditos de alto rigor académico en los campos de la economía aplicada y teórica, la estadística y las ciencias sociales afines. Se publican trabajos en español e inglés dos veces al año, enero y julio. Está indexada en EconLit (*American Economic Association*), SciELO México, Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología (CRMcyT) del Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO y puede consultarse en la base de datos Fuente Académica Premier™ de EBSCO y en *RePEc (Research Papers in Economics)*.

Instrucciones para autores:

- Los trabajos deben corresponder a investigaciones concluidas que planteen claramente una hipótesis.
- Se dará preferencia a los trabajos que empleen un modelo teórico matemático como soporte o una metodología estadística/econométrica que someta a prueba la hipótesis.
- Los artículos deben enviarse acompañado de una carta firmada por el autor o los autores declarando que posee(n) los derechos de autor, que el trabajo es inédito y original, y que no está sometido, ni en proceso, para su publicación total o parcial en otra revista especializada o libro.
- El autor o los autores debe(n) enviar una copia de su currículum vitae.
- Los artículos pueden redactarse en inglés o español; sin embargo, el título, el resumen y las palabras clave deben presentarse en ambos idiomas.
- El resumen no excede las 150 palabras e incluye los códigos de clasificación JEL después del resumen.
- El título del trabajo debe ser claro y breve (máximo 10 palabras).
- Los manuscritos deben enviarse en formato compatible con Microsoft Word, con una extensión máxima de 45 cuartillas, interlineado de 1.5, y fuente Times New Roman tamaño 12.
- Las gráficas y cuadros deben enviarse en formato Excel. No se deben incluir gráficas o cuadros en formato de imagen.
- La sección de referencias incluye únicamente los trabajos citados en el texto, ordenados alfabéticamente y siguiendo el formato establecido para citar artículos, libros, capítulos de libros, informes técnicos, tesis, entre otras fuentes de información. Las instrucciones de citación están disponibles en la página de la revista.
- Los artículos deben enviarse de forma electrónica a través de la página de la revista: <http://ensayos.uanl.mx>. Para ello, el autor debe registrarse en la página como usuario y seguir los cinco pasos para nuevos envíos.

Ensayos Revista de Economía is a peer-reviewed journal that publishes original research articles of high academic rigor in the fields of applied and theoretical economics, statistics, and related social sciences. The journal publishes works in both Spanish and English twice a year, in January and July. It is indexed in EconLit (*American Economic Association*), SciELO Mexico, *Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología* (CRMcyT) of the *National Council of Science, Humanities, and Technology* (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO, and can also be accessed through the *Fuente Académica Premier™* database by EBSCO and *RePEc (Research Papers in Economics)*.

Author guidelines:

- The papers must correspond to completed research that clearly states a hypothesis.
- Preference will be given to papers that employ a supporting mathematical theoretical model or a statistical/econometric methodology that tests the hypothesis.
- Articles must be accompanied by a signed letter from the author(s) declaring ownership of the copyright, originality of the work, and that is not under review or in process for full or partial publication in another specialized journal or book.
- The author(s) must send a copy of their curriculum vitae.
- Articles may be written in English or Spanish; however, the title, abstract, and keywords must be presented in both languages.
- The abstract must not exceed 150 words, and should include JEL classification codes after the abstract.
- The article title should be clear and concise (maximum of 10 words).
- Manuscripts must be submitted in a Microsoft Word compatible format, with a maximum length of 45 pages, 1.5 line spacing, and Times New Roman font, size 12.
- Graphs and tables must be submitted in Excel format. Graphs or tables in image format are not accepted.
- The reference section should include only works cited in the text, listed alphabetically and following the citation format for articles, books, book chapters, technical reports, theses, and other sources. Citation guidelines are available on the journal's website.
- Articles must be submitted electronically through the journal's website: <https://ensayos.uanl.mx>. Authors must register as users and follow the five steps for new articles.

ENSAYOS
Revista de Economía