

Influencia del Capital Intelectual en la mejora de la Producción Científica de la Universidad Pública Peruana

Luz de Fátima Eyzaguirre Gorvenia, Dra¹, Teodoro Luciano Córdova Neri, MSc², Sara Arana López, Dra³
Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, leyzaguirreg@uni.edu.pe, tcordova@uni.edu.pe, sarana@yahoo.com

ABSTRACT This research aims to determine the influence of intellectual capital on improving the scientific production of the Peruvian university. The data used to determine this influence is obtained by a measuring instrument; the surveys, applied to the Directors / Heads of Research of the university system, based on the intellectual capital and scientific, the survey consists of 20 questions and processed using SPSS for the relationship of intellectual capital independent variable) and scientific production (dependent variable). Data analysis was performed using multivariate method, using the factor analysis, the method variables highest score is selected.

On the other hand, a dynamic model for scientific production of the Peruvian public university, with the methodology of system dynamics is designed. The design follows a comprehensive review of international models reviewed and analyzed.

Keywords: intellectual capital, scientific production and system dynamics.

I. INTRODUCCIÓN

El capital intelectual (saberes de la universidad) y la dinámica del sistema son temas de gran interés para el sistema universitario. "El capital intelectual es la suma del conocimiento poseído por los miembros de una universidad y da a la organización una ventaja competitiva" Stewart^[1].

El capital Intelectual es un activo intangible que no se refleja en los estados contables y financieros tradicionales. Sin embargo, es importante porque crea valor en la organización. El valor de los recursos humanos, el conocimiento organizacional y las relaciones institucionales superan al valor indicado en los libros contables, Stewart^[1].

La dinámica de sistemas es una metodología que se utiliza para el estudio y desarrollo de sistemas de realimentación complejos. Mediante el modelo dinámico

se estudia el comportamiento de las múltiples interacciones de las variables que definen el modelo a través del tiempo.

Siendo útil para el estudio de fenómenos sociales definidos por una gran cantidad de variables e interrelaciones donde la presencia de no linealidades determinan su comportamiento.

La limitada participación de la universidad peruana en la creación de conocimientos mundial, se reflejan en sus indicadores de producción científica, produce 5 documentos por cada 100,000 habitantes, según Scopus – SJR y 6 documentos por cada 1000 millones de dólares de Producto Bruto Interno (PBI), según CEPAL^[2].

El déficit de investigadores, explica el mínimo número de patentes y publicaciones en revistas especializadas, ubicando al Perú entre los países de la región con menor productividad científica tal como se muestra en la tabla N° 1.

TABLA N° 1
LA PRESENCIA DEL PERÚ EN PUBLICACIONES EN LATINOAMÉRICA

Country	Documents	Citable documents	Citations	Self-Citations	Citations per Document	H Index
Brasil	13.376	12.975	186.359	58.437	13,93	262
México	5.931	5.764	83.171	17.017	14,02	201
Argentina	5.197	5.083	72.999	16.380	14,05	191
Chile	2.050	2.006	37.496	6.794	18,29	170
Venezuela	1.231	1.199	12.219	2.185	9,93	117
Cuba	1.229	1.202	7.852	1.992	6,39	82
Colombia	771	748	10.794	1.575	14,00	112
Puerto Rico	420	410	8.245	671	19,63	110
Uruguay	342	329	6.503	779	19,01	94
Perú	231	225	4.866	479	21,06	92
Costa Rica	214	208	4.142	571	19,36	91
Ecuador	120	116	2.150	224	17,92	72
Jamaica	114	108	1.192	169	10,46	51
Trinidad and Tobago	110	102	1.114	118	10,13	52
Panamá	97	93	4.587	315	47,29	95
Bolivia	70	66	1.352	115	19,31	53

Fuente: Publicación científica de los países de Latino América <http://www.scimagoir.com> (2010).

La presente investigación identifica a la variable capital intelectual (CI) como la causa fundamental para mejorar la producción científica (PC) del sistema universitario peruano y tiene como objetivo: determinar la influencia del capital intelectual en la mejora de la producción científica, según la percepción de los docentes investigadores de la universidad pública peruana 2015.

Una de las investigaciones internacionales previas en la que se basa el estudio es “La Ciencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Modelos, políticas y desafíos para la medición del capital intelectual en el subsistema de la investigación científica – SIC. Universidad Autónoma de México”. Márquez, M.^[3], donde se mide el capital intelectual del sistema de la investigación científica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las conclusiones derivadas de la investigación afirman que la ciencia en América Latina se encuentra estrechamente relacionada con las instituciones de educación superior dado que en ellas se forman los recursos humanos para la investigación. El conocimiento generado en la universidad y los centros de investigación es un bien capaz de incrementar las ventajas competitivas de quienes lo poseen.

Los procesos de cambio en la generación del conocimiento científico, su valoración social y económica, hacen necesarias transformaciones en los esquemas de gestión y administración de las actividades de investigación para lograr mayor dinamismo, rapidez y eficacia en los procesos.

Rueda E.^[4] en “La Influencia de la Cultura Organizacional, la Gestión del Conocimiento y el Capital Tecnológico en la Producción Científica. Aplicación a grupos de Investigación adscritos a las Universidades en Colombia”. Donde el objetivo es determinar la influencia de la cultura organizacional, la gestión del conocimiento y el capital tecnológico en los resultados de los grupos de investigación, siendo objetivo del estudio especial los grupos de investigación de las universidades en Colombia.

Las conclusiones teóricas de la cultura de la organización. Basado en Hofstede^[5]; Clark^[6]; Harvey et al.^[7], se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La cultura de la organización es la personalidad conjunta de los miembros de la organización, por la cual se rigen y asumen valores, comportamientos y prácticas que dan identidad y la hacen diferente de las demás.
- La cultura de las organizaciones universitarias según la revisión teórica es determinante en el comportamiento y las prácticas de los docentes y los resultados obtenidos en la investigación.

- La cultura es afectada por factores internos como la estructura, la dirección y la administración; y factores externos como los cambios constantes en el entorno ocasionados por el auge de las tecnologías de información, la competitividad, la globalización, entre otros; que impactan al interior de la universidad y por lo tanto deben estar preparadas para realizar ajustes en los valores, comportamiento y práctica.
- La universidad debe establecer escenarios que fomenten el desarrollo de la investigación, la participación interdisciplinaria, la colaboración, el compromiso directivo, políticas institucionales orientadas a la investigación, apoyo en tiempo y recursos económicos, reconocimiento y mérito a la investigación.

Las conclusiones teóricas de la gestión del conocimiento. Basados en Nonaka y Takeuchi^[8]; Nonaka y Konno^[9]; Alavi y Lidner^[10] concluyen que:

- La gestión del conocimiento se comprende como un proceso que parte desde la creación del conocimiento hasta la transferencia del mismo y, que una vez aplicado se inicia nuevamente el espiral del conocimiento en el que participan individuos, grupos, organizaciones y la sociedad en general.
- La gestión del conocimiento está relacionada con la cultura organizacional, el contexto organizacional en el que se desarrolle el proceso de gestión del conocimiento permitirá que este se convierta en una ventaja competitiva sostenible.
- Las universidades por su naturaleza forman parte del sistema general del conocimiento y se consideran uno de los actores principales, ellas tienen un rol importante en la construcción del conocimiento científico que luego es aplicado en las empresas y en la sociedad en general.

Las conclusiones teóricas del capital tecnológico, de acuerdo con Bueno et al.,^[11]; Meroño^[12], se puede concluir que:

- El capital tecnológico es un componente del capital intelectual y por lo tanto, necesario para el desarrollo de las actividades en las universidades. Se considera fundamental en el desarrollo operacional y en el logro de los resultados.
- La tecnología de información y la comunicación, es un nuevo componente que forma parte del capital tecnológico, debido a que su uso permite una mayor divulgación y generación de nuevos documentos.

Las conclusiones del análisis estadístico afirman la existencia de una correlación positiva y significativa de forma directa entre la cultura organizacional con respecto a la producción científica. Dentro de los procesos de la

gestión del conocimiento, se comprueba que la gestión del conocimiento se relaciona positivamente con la producción científica. Así mismo, el capital tecnológico se relaciona positiva y significativamente con la producción científica.

II. METODOLOGÍA

La metodología se divide en dos partes de acuerdo a la naturaleza, objetivos, alcance y limitaciones de la investigación: el análisis estadístico de datos y el modelado utilizando la metodología de dinámica de sistemas. El análisis estadístico de datos se realiza mediante los análisis de correlación y factorial, seleccionándose las variables de mayor puntuación. Los resultados de la encuesta aplicada a los directores de investigación de las universidades de la muestra: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) y la Universidad Nacional Agraria – La Molina (UNALM) han sido procesados con el programa SPSS v.22 para ver la relación del capital intelectual (capital humano, capital estructural y capital relacional) con la variable dependiente producción científica. El análisis de los datos muestran que el Capital humano de la variable capital intelectual se correlaciona con la variable dependiente Producción científica con su indicador Alcance científico con un $R=0.637$, y con el indicador Producto científico se correlaciona con un $R=0.688$ y un nivel de significancia de 0.01. El Capital estructural se relaciona con la variable Producción científica con su indicador Alcance científico con un $R=0.503$ y con el indicador Producto científico con un $R=0.413$ y un nivel de significancia de 0.01.

El capital relacional del capital intelectual se relaciona con la producción científica (alcance científico $R=0.253$) y (producto científico $R=0.427$) y un nivel de significancia de 0.01 según la tabla N° 2.

TABLA N° 2
CORRELACIÓN CONJUNTA DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE (CAPITAL INTELLECTUAL) Y LA VARIABLE DEPENDIENTE (PRODUCCIÓN CIENTÍFICA) CORRELACIONES

	CAPITAL HUMANO	CAPITAL ESTRUCTURAL	CAPITAL RELACIONADA	ALCANCE CIENTÍFICO	PRODUCTO CIENTÍFICO
CAPITAL HUMANO	1				
CAPITAL ESTRUCTURAL	,574**	1			
CAPITAL RELACIONAL	,435**	,298	1		
ALCANCE CIENTÍFICO	,637**	,503**	,253*	1	
PRODUCTO CIENTÍFICO	,688**	,413**	,427**	,630**	1
	90	90	90	90	90

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

El grado de influencia de la variable Capital Intelectual según sus dimensiones Capital Relacional, Capital Estructural, Capital Humano en la mejora de la producción Científica es de 0.744, y se observa que el porcentaje de correlación (coeficiente de determinación) de las variables es de 0.553, con un error típico de estimación

de 3.47255, con un p-valor de 0.00 de acuerdo a los resultados de la tabla N° 3.

TABLA N° 3

INFLUENCIA DEL CAPITAL INTELLECTUAL SEGÚN SUS DIMENSIONES CAPITAL RELACIONAL, CAPITAL ESTRUCTURAL, CAPITAL HUMANO EN LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA, SEGÚN LA PERCEPCIÓN DE LOS DIRECTORES DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA PERUANA UNI, UNMSM Y UNALM 2015

Modelo	1			
R	,744 ^a			
R cuadrado	,553			
Error tip. de la estimación	3,47255			
Estadísticos de cambio				
Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
,553	35,465	3	86	,000

- a. Variables predictoras: (Constante), CAPITAL RELACIONAL, CAPITAL ESTRUCTURAL, CAPITAL HUMANO
b. Variable dependiente: TOTAL Producción Científica

Del estudio se determina que los indicadores de la variable capital intelectual influye en la mejora de la Producción Científica con un $F = 35.465$ y un nivel de significancia de 0.000.

Los resultados de la prueba de adecuación (KMO) para las dimensiones de las variables que conforman la variable independiente capital Intelectual muestran que la magnitud de los coeficientes de correlación observados y la magnitud de los coeficientes de correlación parcial son adecuadas para efectuar el análisis factorial; el contraste de la hipótesis nula, donde la matriz de correlación observada es una matriz identidad, se acepta la hipótesis, considerando que los datos provienen de una distribución normal multivariado. El estadístico de Bartlett se distribuye para el Capital Humano con una prueba de esfericidad de Bartlett = 91.653 según la prueba Chi – Cuadrado, con un nivel de significancia de 0.00, para el Capital Estructural con 69.208 y nivel de significancia 0.000, y la prueba de esfericidad para el Capital Relacional es de 74.054 con un nivel de significancias de 0.000, es una transformación del determinante de la matriz de correlación. Se asegura que el modelo factorial es adecuado para explicarlo. Los resultados se muestran en la tabla N° 4.

TABLA N° 4
MEDIDA DE ADECUACIÓN DE KMO: KAISER – MEYER – OLGIN.

Variables	Dimensiones	KMO	Bartlett's Aprox Chi – cuadrado	Gl	Sig
Capital Intelectual	Capital Humano	0.753	91.653	6	0.000
	Capital Estructural	0.746	69.208	6	0.000
	Capital Relacional	0.660	74.054	6	0.000
Producción Científica	Alcance Científico	0.691	189.467	6	0.000
	Producto Científico	0.679	67.325	6	0.000

Fuente: Elaboración propia (2015)

Para el diseño del modelo se utiliza la metodología de dinámica de sistemas que construye los modelos tras un análisis cuidadoso de sus distintas variables que lo definen. Del análisis se extrae la lógica interna del modelo y partir de la estructura construida se intenta un ajuste con los datos históricos.

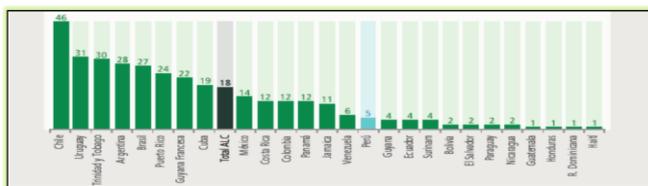
Según Aracil J.^[13] se definen las siguientes etapas:

- Identificación del problema y análisis.
- Identificación de las variables del modelo.
- Modelo causal: visión cualitativa de modelo Hipótesis
- Modelo de Forrester (Modelo matemático).
- Evaluación y análisis del modelo.

Identificación del problema y análisis de su comportamiento:

El Perú es uno de los países de la región de América Latina con menor productividad científica, produciendo cinco documentos por cada 100,000 habitantes de acuerdo al informe de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).

FIGURA N° 1
DOCUMENTOS INDEXADOS POR CADA 100,000 HABITANTES EN 2012
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
DOCUMENTOS INDEXADOS POR CADA USD 1000 MILLONES DE PBI EN2012



Fuente: Producto Bruto Interno, Comisión Económica para América Lat. (CEPAL) Scopus-SJR.

TABLA N° 5
RANKING DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA POR NÚMERO DE PATENTES REGISTRADA EN LA OFICINA DE PATENTES DE USA

PAÍS	1990-2000		2001-2011		1990-2011	
	Patentes	Ranking	Patentes	Ranking	Patentes	Ranking
Brasil	446	1	953	1	1399	1
México	261	2	407	2	668	2
Venezuela	214	3	110	4	324	3
Argentina	84	4	134	3	218	4
Chile	36	6	100	5	136	5
Panamá	42	5	61	6	103	6
Cuba	21	7	52	8	73	7
Colombia	14	9	56	7	70	8
Costa Rica	15	8	38	9	53	9
Uruguay	9	10	12	10	21	10
Perú	6	11	9	11	15	11
Guatemala	6	11	7	12	13	12
Ecuador	4	12	5	14	9	13
El Salvador	0	13	6	13	6	14
Honduras	4	12	2	16	6	14
Bolivia	0	13	3	15	3	15
Nicaragua	0	13	2	16	2	16
República Dominicana	0	13	2	16	2	16
Haití	0	13	0	17	0	17

Fuente: Global Competitiveness Report (2010-2011)

En la actualidad, la universidad peruana no registra una cifra significativa en propiedad intelectual, la oferta de patentes de las universidades peruanas para el período 1990-2011 es de 15 patentes en las oficinas de patentes de USA tal como se muestra en la tabla N° 5.

Se inicia el proceso de investigación identificando el problema de la investigación a resolver. Mediante la definición y delimitación de los límites del sistema en estudio y de acuerdo a la pregunta específica para la que se busca una respuesta:

¿Cómo mejorar la producción científica en la universidad pública peruana?

Se procede a recopilar la información necesaria para responder a la pregunta planteada. Se identifica al docente universitario como el eje central del sistema, dado que el conocimiento es la materia prima para el emprendimiento y la innovación y se le define como la perspectiva del aprendizaje y del conocimiento.

Actuar sobre esta perspectiva será el motor del mejoramiento de los procesos de producción de conocimientos. La formación calificada del docente en la universidad trae como consecuencia el mejoramiento de los procesos académicos y de investigación. Creando una buena imagen en la sociedad y mejores relaciones de la universidad con su entorno. La gestión del conocimiento se entiende como el arte de crear valor mediante el afianzamiento de los activos intangibles.

Considerar a la universidad como el centro de generación de conocimiento es la clave para mejorar la producción científica peruana. “Para lo cual se debe ser capaz de visualizar a la universidad como algo que no es más que conocimiento y flujos de conocimiento” según Sveiby, K. ^[14]. Dicha caracterización de la universidad permite definir el capital intelectual en base a tres dimensiones del capital; que interactúan en forma dinámica: capital humano, capital estructural y capital relacional.

Identificación de las variables del modelo.

Con estos capitales se realiza una selección de variables y se analiza el grado de desarrollo de los tres capitales en la universidad peruana. El capital intelectual que debe ser identificado como el mayor valor que tiene la universidad. Siendo el capital humano el dinamizador y motor del capital estructural y el capital relacional.

Se identifican las siguientes variables para el diseño del modelo propuesto:

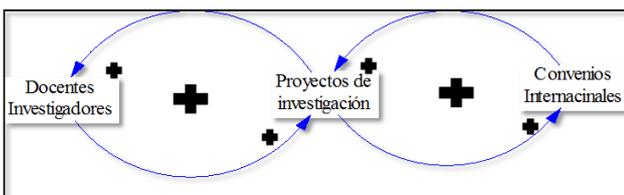
Docente investigador,
Proyectos de investigación
Convenios internacionales
Ingreso de Docente investigador a la universidad
Retiro de Docente investigador de la universidad
Entrada de proyecto de investigación iniciado
Salida de proyecto de investigación finalizado
Entrada de convenios internacionales
Salida de convenio internacional firmados
Tasa de entrada de Docente investigador
Tasa de retiro del Docentes investigador
Tasa de entrada proyectos de investigación iniciado
Tasa de salida proyectos de investigación finalizado
Tasa de entrada convenio internacional
Tasa de salida convenio internacional firmado

Modelo causal: visión cualitativa del modelo.

Se elabora la hipótesis dinámica, o causal, que incluirá las influencias detectadas entre las variables del sistema. Se pretende construir una visión cualitativa del modelo que ilustre la dinámica del comportamiento del sistema simulado. Partiendo de la identificación de variables, se utilizan diagramas causales que muestran explícitamente la estructura de realimentación del modelo. Dichos diagramas permiten observar cómo la situación actual es el resultado de decisiones tomadas en el pasado, y cómo esta situación a su vez, es empleada para la toma de decisiones en la actualidad. Se da inicio a la investigación con el estudio de tres variables que definen el comportamiento del modelo propuesto y se construyen los dos ciclos básicos de realimentación positiva que lo definen en un primer diagrama causal del modelo en estudio.

La lectura se describe de la siguiente forma: a más docentes investigadores en la universidad, mayor número de proyectos de investigación, a mayor número de proyecto de investigación, más convenios internacionales, cerrando de nuevo el bucle con: a mayor número de convenio internacional, mayor número de proyectos de investigación, a mayor número de proyectos de investigación, mayor número de docentes investigadores, lo que se muestra en la figura N° 2.

**FIGURA N° 2
PRIMER DIAGRAMA CAUSAL**



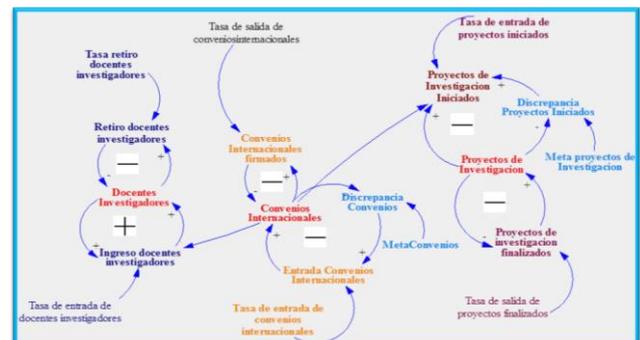
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Una vez identificados los bucles de realimentación positiva se formulan las políticas de decisión empleada por

la universidad, habitualmente, comprobando las políticas que han originado el problema planteado en la presente investigación. Un segundo diagrama causal de la producción científica peruana incluye al primer diagrama causal más doce variables que explican las influencias que se producen entre las variables que definen el comportamiento del modelo de producción científica peruana en estudio con seis bucles de realimentación tal como se muestra en la figura N° 3.

Los diagramas causales no son lo suficientes para conocer el comportamiento de la producción científica del sistema universitario peruano bajo diferentes condiciones (políticas). Es necesario incorporar información cuantitativa de las variables como el tiempo y la magnitud de dichas variables. Así mismo, disponer de un modelo matemático definido por un conjunto de ecuaciones que se utilizan para representar y estudiar de forma simple y comprensible la realidad empírica en estudio. El modelo aumentará la capacidad de los responsables de la gestión universitaria para la implementación de políticas.

**FIGURA N° 3
SEGUNDO DIAGRAMA CAUSAL DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PERUANAS.**



Fuente: Elaboración propia 2016

Modelo cuantitativo o de Forrester

Mientras los diagramas causales ilustran la estructura de retroalimentación del modelo en forma cualitativa, los diagramas de Forrester ilustran la parte cuantitativa del modelo. Según Sampieri,^[15] establece que la metodología cuantitativa utiliza la recolección de datos fundamentada en la medición, posteriormente se lleva a cabo el análisis de los datos y se da respuesta a la pregunta de la investigación.

El objetivo de esta fase es simular el comportamiento del modelo porque la realidad no permite retroceder en el tiempo para cambiar las cosas ocurridas, pero el modelo de simulación permite modificar la estructura del mismo y analizar su comportamiento bajo distintas condiciones. La dinámica de sistemas proporciona

dicho entorno donde se prueban los modelos mentales que se tiene de la realidad mediante el uso de la simulación por computadora.

Un diagrama de Forrester se compone de diferentes variables con diferente naturaleza de acuerdo a su comportamiento que representen, son cuantitativas porque poseen un valor numérico en una determinada magnitud y pueden ser internas y externas al sistema.

Dichos componentes son variables o parámetros o coeficientes. Siendo las variables de tres tipos: variables de nivel, son variables que acumulan magnitudes con el tiempo. Caracterizan el estado del sistema y generan la información en la que se basan las acciones y la toma de decisiones. Utilizan los rectángulos para su representación. Las variables de flujo, representan el cambio de las viables de nivel durante un período de tiempo. Dichas variables suelen estar intervenidas con variables auxiliares o con coeficientes o tasas y las variables auxiliares que son variables dependientes intermedias que reciben información de otras variables que transforman en nueva información en base a una función determinada y su salida se dirige hacia otra variable auxiliar o hacia una variable de flujo. Son utilizadas para descomponer ecuaciones complejas en ecuaciones que facilite la lectura del modelo.

Existen variables auxiliares independientes que se les denomina coeficientes (parámetros, tasas, constantes) exógenos que pueden ser modificados por el usuario del modelo para regular su comportamiento.

El capital humano representa el conocimiento de los docentes investigadores, el capital estructural es el conocimiento sistematizado y organizado al interior de la universidad y el capital relacional representa a la red de contactos de la universidad.

Las variables de nivel definidas para el modelo en estudio son tres: capital humano, capital estructural y capital relacional. La tabla N° 6 muestra las variables de nivel del modelo de producción científica peruana.

TABLA N° 6
DEFINICIÓN DE VARIABLES DE NIVEL

Tipo de Capital	Variables de Nivel	Valor Inicial
Humano	Docente Investigador (DI)	5164
Estructural	Proyecto de Investigación (PI)	346
Relacional	Convenios Internacional (CI)	55

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Con toda la información precedente se construye el diagrama de Forrester con apoyo del software Stella que se muestra en la figura N° 4 por las facilidades que presenta el mencionado software, según Martínez E. ^[16]. Mediante

estos diagramas obtenemos las ecuaciones matemáticas del modelo. Las mismas que sirve de puente entre la hipótesis dinámica y el modelo cuantitativo.

La tabla N° 7 muestra las variables de flujo del modelo.

TABLA N° 7
LAS VARIABLES DE FLUJO

Variables de Flujo	
Ingreso de Docente Investigador	IDI
Retiro de Docente Investigador	RDI
Proyecto de Investigación Iniciado	PII
Proyecto de Investigación Terminado	PIT
Entrada de Convenio Internacionales	ECI
Convenios Internacionales Finalizados	CIF

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Las variables auxiliares del modelo se muestran en la tabla N° 8.

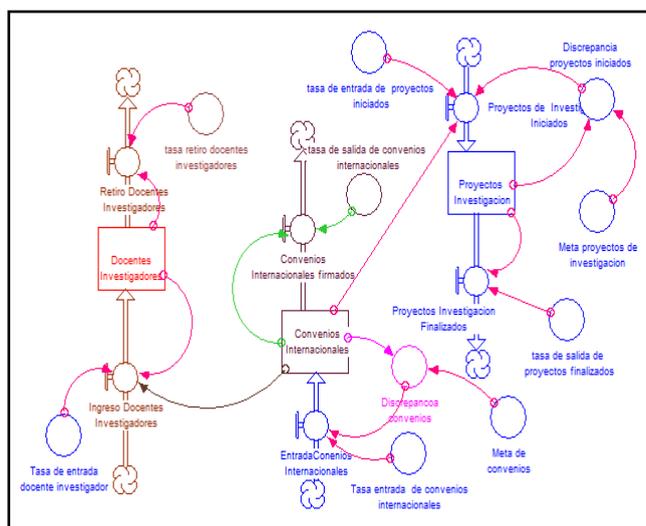
TABLA N° 8
LAS VARIABLES AUXILIARES

Variables Auxiliares	
Tasa de entrada DI	0.14
Tasa de retiro DI	0.05
Tasa de entrada de PI iniciado	0.01
Tasa de salida de PI finalizado	0.05
Tasa de entrada de CI	0.18
Tasa de salida de CI	0.01

Fuente: Elaboración propia, (2015)

Al finalizar el diagrama de Forrester, se dispone de un modelo matemático que recoge las políticas de decisión, las fuentes de información existentes y la interacción entre las variables que definen el comportamiento del sistema y que pueden ser simulados en una computadora.

FIGURA N° 4
DIAGRAMA DE FORRESTER DEL MODELO



Fuente: Elaboración propia, (2016)

Los escenarios se construyen a partir de los datos cuantitativos históricos de las universidades públicas peruanas o documentación extraída del estado del arte del sistema universitario. Según Montero H. ^[17].

Los valores iniciales de las variables de nivel corresponde a los datos de la UNI, UNMSM y UNA mostrados en la tabla N°7.

Los diagramas de Forrester se basa en una estructura matemática, que Jay Forrester ^[18] trata de enmascarar las ecuaciones matemáticas del cálculo diferencial propio de los sistemas de control para facilitar la comprensión y manejo de los modelos de simulación dinámica. Los niveles acumulan sus flujos, en consecuencia, un nivel es la integral de sus flujos:

$$\text{Nivel}(t) = \int_{t_0}^t (\text{entrada}(t) - \text{salida}(t)) dt + \text{Nivel}(t_0)$$

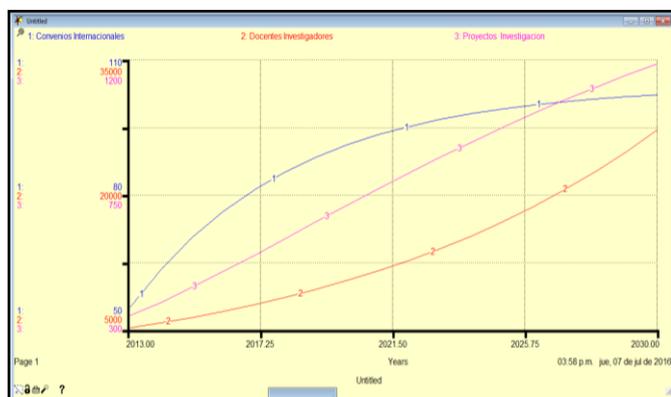
La variación de un nivel es la derivada con respecto al tiempo:

$$\frac{d(\text{nivel}(t))}{dt} = \text{entrada}(t) - \text{salida}(t)$$

En general, los flujos son función de los niveles ajustados con coeficientes o parámetros.

El modelo matemático es un sistema de ecuaciones diferenciales que generalmente no se pueden solucionar analíticamente, por ello para generar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo se utilizan métodos computacionales de simulación.

FIGURA N° 5
COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE NIVEL DEL MODELO



Fuente: Reporte de la simulación del Modelo 2016

Los diagramas de Forrester representan modelos continuos; sin embargo su simulación es discreta ya que son procesadas por medio de un computador. Lo que significa que en lugar de manejar diferenciales de tiempo, dt, se utilizan incrementos o intervalos discretos de tiempo, Δt.

La simulación matemática es una herramienta que visualiza gráficamente o describe en tablas el comportamiento de las variables del modelo en estudio; de

esta manera se puede inferir comportamientos futuros basados en la modificación de políticas. La simulación de un modelo dinámico de sistemas se basa en una estructura iterativa que dura el horizonte temporal definido. Los resultados de la simulación del modelo dinámico para producción científica de la universidad pública peruana para el período 2013 – 2030 se muestran en la figura N°5 y la tabla N° 9.

TABLA N° 9
REPORTE DE LA VARIACIÓN DE LAS VARIABLES DE NIVEL DI, PI Y CI DEL MODELO

Years	Convenios In	Docentes Inv	Proyectos In
2013	55.00	516.00	346.00
2014	63.46	626.68	390.60
2015	70.47	755.81	440.01
2016	76.27	903.74	492.67
2017	81.07	1,071.09	547.35
2018	85.05	1,258.75	603.05
2019	88.35	1,467.83	658.98
2020	91.07	1,699.71	714.55
2021	93.33	1,955.99	769.26
2022	95.20	2,238.52	822.77
2023	96.75	2,549.39	874.80
2024	98.03	2,890.98	925.16
2025	99.10	3,265.91	973.71
2026	99.98	3,677.11	1,020.36
2027	100.70	4,127.82	1,065.07
2028	101.31	4,621.61	1,107.81
2029	101.81	5,162.41	1,148.59
Final	102.22	5,754.56	1,187.43

Fuente: Reporte del Modelo con el Stella 2016

Evaluación y análisis del modelo

Construido el modelo cuantitativo se verifica que el conjunto de ecuaciones sistémicas carezcan de errores y validar que el modelo responda de forma fiable a las especificaciones planteadas en la etapa del análisis del modelo causal.

Los análisis son diversos y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de la hipótesis hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo en el tiempo. Así como el análisis de sensibilidad que permite determinar las variables de mayor influencia en el comportamiento del modelo.

III. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La validación de las variables que explican el comportamiento de las dimensiones del capital intelectual en la mejora de la producción científica, según la percepción de los docentes investigadores de la universidad pública peruana 2016, se realiza mediante el análisis de correlación y factorial.

Del estudio de correlación del capital intelectual analizando los resultados de sus dimensiones, se determina que la dimensión capital humano se relaciona con la producción científica en su dimensión alcance científico con $R= 0.637$ y con la dimensión producto se correlaciona con un $R= 0.688$ y un nivel de significancia de 0.01. El capital estructural se relaciona con el alcance científico con 0.503, y con el producto científico con 0.413.

El capital relacional influye sobre la dimensión alcance científico con un $R= 0.253$ y un p-valor menor a 0.05, y se relaciona con el producto científico con un $R= 0.427$, con un p-valor = 0.000.

La influencia del capital intelectual en la mejora de la producción científica según la percepción de los docentes investigadores de la universidad pública peruana se mide mediante el coeficiente de correlación con un grado de $R= 0.744$ y un nivel de significancia de 0.000, y se observa que el porcentaje de correlación de las variables es $R= 0.553$ con un error típico de estimación de 3.47255, con p-valor de 0.00.

Del análisis de varianza se determina que las dimensiones del capital intelectual (capital humano, capital estructural, y capital relacional), influyen en la mejora de los indicadores de la variable producción científica (alcance científico y producción científica) con un $F= 35.465$ y un p-valor = 0.000 menor a un nivel de significancia de 0.05 y el modelo se define por los siguientes coeficientes:

$$Y = 6.2132 + 1.094 CH + 0.239 CE + 0.181 CR$$

El análisis de varianza sobre la influencia de la dimensión capital humano sobre la mejora de la variable producción científica se prueba con un $F= 26.231$ y un p-valor = 0.000.

La Influencia de la dimensión capital estructural, en la mejora del indicador alcance científica de la variable producción científica se prueba con un $R= 0.518$, y con un $F= 10.538$ y un nivel de significancia de 0.000.

El análisis de dispersión muestra que los valores de los datos de las variables Producción Científica y los valores pronósticos, se encuentran muy cercanos a la recta de regresión.

Del análisis factorial se determina que las dimensiones Capital Humano, Capital estructural y alcance científico tienen un mejor valor en las medidas de adecuación al modelo KMO (Kayser, Meyer, Olgin), con 0.753, 0.746 y 0.691 con un valor aproximado de Bartlett's (chi-cuadrado) de 91.653, 69.208 y 189.467, y un p-valor = 0.000 en las tres dimensiones.

El análisis de las Comunalidades muestra que las dimensiones alcance científico y producto científico se

correlacionan significativamente con las dimensiones Capital Humano, Capital Estructural y Capital Relacional de la variable Capital Intelectual con un peso de 0.818 y 0.815 respectivamente.

Según los resultados de la matriz de componentes la dimensión alcance científico se correlaciona con los demás dimensiona en 0.903 y la dimensión Capital Humano de la variable Capital Intelectual tiene una correlación con las demás dimensiones en 0.883. Según la matriz anti-imagen la dimensión Capital Estructural se correlaciona con las demás dimensiones en 0.863 y el Capital Relacional en 0.824. En el análisis de componentes principales los indicadores de mayor carga son ¿Estás de acuerdo en que los investigadores de su universidad publican sus investigaciones?, ¿Consideras que los laboratorios de tu universidad satisfacen las necesidades académicas de los investigadores?, ¿Consideras que en tu universidad se realizan trabajos de investigación serios?, ¿Consideras que las fuentes de información de tu universidad están actualizadas?, se correlacionan con los demás indicadores en 0.973, 0.884, 0.720 y 0.702 respectivamente.

Los resultados de la matriz anti-imagen muestran la correlación anti-imagen de los indicadores a través de la medida de adecuación muestral con los pesos de mayor significancia para ¿Estás de acuerdo en que los investigadores de tu universidad publican sus investigaciones?, ¿Consideras que las bibliotecas de tu universidad están equipadas para cubrir las necesidades de los investigadores?, ¿Consideras que en tu universidad se realizan trabajos de investigación serios?, ¿Consideras que los investigadores de tu universidad son perseverantes en los trabajos de investigación que realizan?, ¿Consideras que las fuentes de información de tu universidad están actualizadas? con una correlación de 0.906,0.851,0.847,0.843,0.835.

La evaluación factorial para las dimensiones de la variable producción científica, se determina que la medida de adecuación Kaiser-Meyer-Olkin, es adecuada $KMO = 0.843$, con un Chi-Cuadrado = 176 y p-valor = 0.000, menor a significancia un nivel = 0.05.

Del análisis de las Comunalidades estimadas se obtienen los indicadores con mayor peso de correlación: ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad resuelven problemas nacionales? se correlaciona en 0.994, ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad definen alcances de ámbito nacional? se correlaciona en 0.948, ¿Estás de acuerdo en que los investigadores de tu universidad publican sus investigaciones en revistas científicas? se correlaciona con 0.921 y ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad resuelven problemas internacionales? Se correlacionan con un peso de 0.884.

Los resultados de la matriz de componentes principales, muestra que los indicadores que tienen mejor correlación individual es: ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad resuelven problemas nacionales? con 0.976, ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad definen alcances de ámbito nacional? con 0.957, ¿Consideras que las investigaciones realizadas en tu universidad se aplican en instituciones públicas o privadas? con 0.856, y ¿Consideras que los trabajos de investigación de tu universidad resuelven problemas internacionales? con 0.803.

De lo expuesto se comprueba que:

H1: El capital humano es un factor significativo en la mejora de la producción científica, según la percepción de los docentes investigadores, con un $R= 0.688$, y con producto científico con un $R=0.637$ con $F= 26.231$ y un p -valor= 0.00, menor a un nivel de significancia de 0.05.

Por lo tanto se concluye que el capital humano influye sobre la producción científica, con un $R= 0.691$ un $F=26.231$ y un p -valor = 0.000.

H2: El capital estructural es un factor significativo en la mejora de la producción científica, según la percepción de los docentes investigadores con un $R= 0.518$, con $F= 10.538$ y un p -valor = 0.00, menor a un nivel de significancia de 0.05.

Se cumple la hipótesis que el capital estructural influye sobre la producción científica con un 0.518, con un $F= 10.538$ y un p -valor=0,00.

H3: El capital relacional es un factor significativo en la mejora de la producción científica, influye sobre la dimensión alcance científico con un $R= 0.253$ y un p -valor menor a 0.05, y se relaciona con el producto científico con un $R= 0.427$, con un p -valor = 0.000. Del análisis de varianza se determina que el capital relacional influye en la mejora de la producción científica con un $F= 7.009$, con un nivel de significancia de 0.002 y que la influencia del capital relacional en la mejora de la producción científica es de $R= 0.299$ con un p -valor = 0.00.

Por lo tanto se cumple la hipótesis, el Capital Relacional influye sobre la Producción Científica con $R= 0.299$, con un p -valor = 0.002 menor a un nivel de significancia de 0.05 y un $F = 7.009$.

Hipótesis Principal: El capital intelectual es un factor significativo en la mejora de la producción científica, según la percepción de los docentes investigadores de la universidad pública peruana.

El capital intelectual influye en el comportamiento de la producción científica, con un $R= 0.744$, con $F= 35.465$ y un p -valor = 0.00, menor a un nivel de

significancia de 0.05 y en general el capital intelectual se correlaciona con la producción científica con un $R = 0.701$.

La metodología de dinámica de sistemas es útil para comprender y manejar problemas complejos como lo es el sistema universitario peruano y es también una metodología que permite y facilita la comunicación y el debate entre los responsables de la gestión universitaria. Es un laboratorio virtual para estudiar tendencias, ensayar una variedad de estrategias. El desarrollo del Modelo Dinámico de Sistemas de la Producción Científica de la Universidad Pública Peruana ayuda a tomar decisiones en el proceso de adopción de innovaciones en la gestión estratégica universitaria por medio de tecnologías de información. Además permite un trabajo multidisciplinario ya que los modelos construidos con la metodología de la dinámica de sistemas se requiere de una variedad de disciplinas de conocimientos como organización empresarial, informática, sociología, psicología en una visión integradora del modelo en estudio.

El modelo propuesto de producción científica para el sistema universitario peruano obedece a una decisión política que permite a los docentes de la universidad pública peruana acceder gratuitamente a los programas de maestría y doctorado que ofrecen las Escuelas de Posgrado de la universidad pública para su capacitación y transformación de docente a docente investigador con la finalidad de aumentar el número de artículos científicos (papers) y el número de patentes en el sistema universitario peruano. Los resultados del modelo propuesto evidencian un incremento en el número de proyectos de investigación, número de docentes investigadores y número de convenios internacionales en el sistema universitario peruano para el período 2013 al 2030.

IV. CONCLUSIONES

1. Del análisis de los datos se concluye que el capital Intelectual influye sobre la Producción científica, con un ($R= 0.744$), con un $F= 35.465$ y un p -valor = 0.00, menor a un nivel de significancia de 0.05. El CI dedicado a la investigación tiene fuerte peso factorial sobre la producción científica de 0.768. Con los resultados mostrados se confirma la hipótesis principal.
2. De los resultados expuestos en la investigación ha sido posible demostrar que el capital humano se correlaciona con la producción científica con un $R= 0.637$ y $R= 0.688$ para las dimensiones alcance científico y producto científico respectivamente. Por otro lado, el CH dedicado a la investigación tiene un fuerte peso factorial 0.883 sobre CR y el CE. Se acepta la hipótesis H1 con un $F= 26.231$ y un p -valor= 0.00 menor a un nivel de significancia de 5% en la que el CH influye en la PC.

3. El estudio determina que el capital estructural se correlaciona significativamente con la producción científica con $R= 0.503$ y $R= 0.413$ para el alcance científico y el producto científico respectivamente. El CE dedicado a la investigación tiene un fuerte peso factorial de 0.783 sobre la producción científica. Se acepta la hipótesis H2 con un $F= 10.538$ y un $p\text{-valor}= 0.00$ menor a un nivel de significancia de 0.05 en la que el CE influye en la producción científica.
 4. La investigación muestra que el capital relacional se correlaciona con la producción científica con un $R= 0.427$ para el producto científico. El CR dedicado a la investigación tiene un fuerte peso factorial de 0.644 sobre la producción científica. Se acepta la hipótesis H3 con un $F= 0.702$ y un $p\text{-valor}= 0.002$, menor a un nivel de significancia de 0.05 en la que se observa que el CR influye en la producción científica.
 5. La dinámica de sistemas es un método adecuado para entender y describir las estructuras de realimentación en el sistema universitario y plantear aspectos importantes para la definición de políticas que permitan mejorar la producción científica en la universidad pública peruana. El modelo propuesto nos facilita un laboratorio virtual en el cual orienta la toma de decisiones. Contribuye a la fijación de políticas que repercuten en un ahorro de tiempo, esfuerzo e inversión para su aplicación. Los resultados de la simulación del modelo propuesto muestran una tendencia de mejora en la producción científica del sistema universitario peruano para el período 2020-2030 con un incremento significativo en el número de proyectos de investigación.
- [7] Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). The knowledge creating Company. How Japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press.
 - [8] Nonaka y Takeuchi (1998).
 - [9] Alavi, M. y Lidner, D. (2001). Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundation and Research Issues. MIS Quarterly, 25 (1), 107-136.
 - [10] Bueno, E. (2003). Gestión del conocimiento en universidades y organismos públicos de investigación. (D.G. Investigación, C. d. Educación, & C. d. Madrid, Edits.) 1- 60.
 - [11] Meroño, A. (2005). Tecnologías de información y Gestión del conocimiento: Integración de un sistema. Economía Industrial (357), 107-116.
 - [12] Aracil J. (1978). Introducción a la Dinámica de Sistemas. Alianza Editorial, Madrid, España.
 - [13] Sveiby, K. (1997). The New Organizational Wealth: Managing and Measuring Knowledge-based Assets. New York: Berrett-Koehler.
 - [14] Sampieri, J. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. New York: Mc Graw Hill.
 - [15] Martínez E. (2005). Uso del Software Stella. Dinámica de Sistemas. www.dinamica-de-sistemas.com
 - [16] Montero H. (2010). Método cuantitativo en la gestión del conocimiento. Universidad Autónoma de Occidente. 8° Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas.
 - [17] Forrester, J. (1961). Dinámica Industrial. The MIT PRESS Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
 - [18] <http://www.cepal.org/es/datos-y-estadisticas>

REFERENCIAS:

- [1] Stewart (1998). La nueva riqueza de las organizaciones: El Capital Intelectual, Barcelona, España. Scopus – SJR (2012). Documentos Indexados por habitantes.
- [2] CEPAL (2012). Producto Bruto Interno (PBI). Comisión Económica para América Latina. Marques M. (2011). Medición del Capital Intelectual en las universidades. Mejoras para el Subsistema de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México. VIII Congreso Iberoamericano de Indicadores de ciencias y Tecnología.
- [3] Rueda, E. (2012). La Influencia de la Cultura Organizacional, la Gestión del Conocimiento y el Capital Tecnológico en la Producción Científica. Aplicación a grupos de Investigación adscritos a las Universidades en Colombia.
- [4] Hofstede (1991). Culture and organizations: Software of the mind. London: Mc. Graw Hill International.
- [5] Clark, B. (1997). Las universidades modernas: Espacios de investigación y docencia. México: Miguel Angel Porrúa – UNAM.
- [6] Harvey, J. (2002). The Determinants of Research Group Performance: Towards Mode 2? Journal of Management Studies, vol. 39: 747 – 774.