



La Capacidad Tecnológica Como Sistema Complejo Adaptativo En Los Laboratorios Químicos De Los Centros De Investigación Universitarios

Guillermo Centeno Bordones¹
gcenteno1@uc.edu.ve
guillermocenteno15@hotmail.com

¹Profesor de la Universidad de Carabobo, cursante del Doctorado en Química Tecnológica de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, Valencia- Venezuela.

Historia del Artículo
Recibido 27 de Noviembre de 2017
Aceptado 13 de Enero de 2018
Disponible online: 17 de Enero de 2018

Resumen: Este trabajo de investigación tiene como propósito analizar la capacidad tecnológica como sistema complejo adaptativo en los laboratorios químicos de los centros de investigación universitarios. En cuanto a la metodología de la investigación el nivel de la investigación que se ha adoptado en este estudio, es la investigación de tipo descriptivo, con un diseño de campo transeccional, la población en estudio fueron 11 centros de investigación con laboratorios químicos en la región carabobeña, los cuales contenían en total 69 investigadores químicos en la totalidad de los centros, la muestra fue no probabilística de tipo censal. El instrumento de recolección de datos fue una encuesta tipo Lickert con 32 ítems teniendo un coeficiente de confiabilidad de Alfa de Crombach de 0,78. La técnica de análisis de datos fue la estadística descriptiva para la determinación de frecuencias y frecuencias relativas, para la representación de gráficos de tendencia. Como resultado relevante de la investigación se puede decir que cuando se observa la capacidad tecnológico como sistema complejo adaptativo se analiza este proceso desde una perspectiva más completa y humana, donde se manifiestan las capacidades de retroalimentación de los factores que lo conforman, desarrollando una memoria tecnológica que permita la construcción efectiva del conocimiento y las experiencias acumuladas en el manejo de la investigación, desarrollo e innovación química en un laboratorio.

Palabras Claves: Capacidad Tecnológica, Sistema Complejo, Complejidad, Centros de Investigación, Universidades Públicas.

Technological Capacity As An Adaptive Complex System In Chemical Laboratories Of University Research Centers

Abstract: This research aims to analyze the technological capacity as a complex adaptive system in the chemical laboratories of university research centers. As for the research methodology the level of research that has been adopted in this study, is the research of descriptive type, with a transeccional field design, the population under study were 11 research centers with chemical laboratories in the region carabobeña, with 69 subjects chemical investigators, the sample was non-probabilistic of census type. The instrument of data collection was a Lickert type survey with 32 items having a reliability coefficient of Crombach's alpha of 0, 78. The technique of data analysis was the descriptive statistics for the determination of frequencies and relative frequencies, for the representation of trend graphs. As a relevant result of the research it can be said that when the technological capacity is observed as a complex adaptive system it is possible to visualize to this process from a more complete and human perspective, where the feedback capacities of the factors that conform it are manifested, developing a technological memory that allows the effective construction of knowledge and accumulated experiences in the management of research, development and chemical innovation in a laboratory.

Keywords: Technological Capacity, Complex System, Complexity, Research Centers, Public Universities.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo científico está experimentando un cambio radical sin precedente debido a la inserción de un nuevo paradigma interpretativo como es el de los sistemas complejos. Una nueva y prometedora sociedad está surgiendo, la sociedad del conocimiento se está transformando en una sociedad que no rechaza el caos y la incertidumbre. Actualmente los países desarrollados se caracterizan por sus innovaciones tecnológicas y acceso permanente a los adelantos científicos y tecnológicos, lo cual se deriva en el logro de niveles elevados de desarrollo humano debido a sus repercusiones en el crecimiento económico, gracias al aumento de productividad que generan.

Ahora bien, en estas innovaciones tecnológicas adquieren importancia los equipos humanos que deben tomar decisiones. Es decir, producir nuevas formas creativas de hacer el trabajo, dentro de una atmósfera flexible, con estas condiciones mínimas se podrá dar un intercambio permanente de los conocimientos y de las experiencias adquiridas durante los procesos productivos. Por otra parte, es de hacer notar que según Parisca y Barrios, en 1985[1], “El proceso de aprendizaje tecnológico se fundamenta en tres elementos a saber: el primero es el individuo, la organización y, finalmente, los instrumentos o herramientas”. Estos tres elementos forman las variables a tomar en cuenta para desarrollar el aprendizaje tecnológico, dichos elementos están estrechamente ligadas entre sí, pudiendo convertirse entonces en un sistema a tener en cuenta.

En este marco de ideas, el proceso de aprendizaje tecnológico tiene como fin último el dominio de la tecnología y la generación de innovaciones productivas, por lo que se hace necesario pensar en el desarrollo de las capacidades productivas en una organización.

Es por ello, que la capacidad tecnológicas se define como toda transmisión de conocimientos entre distintos agentes [2], y se caracteriza con tener componentes tácitos de conocimientos específicos tanto de las personas como de las prácticas internas en la organización que la

genera, donde estas se desarrollan a partir de los procedimientos de búsqueda y aprendizaje para mejorar la eficiencia productiva, generar innovación e introducir métodos organizacionales.

Por todo esto, la capacidad tecnológica surgen como un proceso permanente en las instituciones donde los actores sociales que intervienen en su construcción efectivamente forman un sistema entre sí; que puede llevar a entender a los procesos y a los métodos involucrados hacia una visión de la realidad organizacional en un laboratorio de investigaciones químicas y su abordaje de fenómenos complejos. Esta visión de los procesos permanentes propicia la estructura de un sistema, y este sistema está conformado por multiplicidad de factores que en un conjunto arman su propia complejidad.

En este punto se hace necesario definir qué se entiende por sistema que según Llisterri y Pietrobelli, [3] en el 2016 “es cualquier conjunto de elementos organizados y relacionado para alcanzar un propósito o una actividad”. Dentro de las propiedades de los sistemas se tienen la composición, la estructura, el entorno, el mecanismo. Cuando se ven los sistemas desde la ciencia de la complejidad, estos adquieren otra connotación, puesto que los sistemas complejos según García, R [4] son definidos como aquellas situaciones que “se caracterizan por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, a la cual hemos denominado sistema complejo”.

Para el autor la complejidad de los sistemas no viene dado sólo por la múltiple relación entre los elementos que lo forman, sino viene dada por la variada funcionalidad de sus partes, que de forma organizada puede representar una realidad objetiva alcanzando una mutua dependencia entre ellas. Es por esto que Carboni [5], plantea que los sistemas complejos “son aquellos que están formados por varias partes que entrecruzados e interconectados sus vínculos forman una nueva información”.

Como resultado de este proceso las interacciones de sus componentes o elementos no

pueden ser estudiadas o explicadas a partir del aislamiento de los elementos que lo conforman. Esta nueva información se denomina propiedades emergentes, y son las que le proporcionan las características especiales a los sistemas complejos. Es de hacer notar, que existe una diferencia sustancial entre los sistemas complejos y los sistemas complicados. En relación a los últimos se puede decir que a diferencia de los primeros, los enlaces de sus componentes no añaden una nueva información que sea relevante, pues en este caso es necesario saber cómo accionan los elementos o componentes del sistema para saber cómo funciona el mismo en su totalidad [6].

Este modelo explicativo de la realidad es necesario porque permite trasladar estos postulados, hasta las organizaciones donde el proceso de aprendizaje y capacidad tecnológico se encuentran en construcción, porque es allí donde se forman una variedad de elementos a tener en cuenta que permite poner de manifiesto una forma de interpretación y de explicación de la realidad capaz de aflorar toda la complejidad del proceso de investigación, desarrollo e innovación que ocurre en un laboratorio químico.

Ahora bien, los estudios de sistemas complejos tienen como base las ciencias exactas y aplicadas. Tomando de esta nueva corriente de la ciencia sus acciones interpretativas y metodológicas para el análisis de fenómenos multifactoriales, manifestándose características de Multidisciplinariedad e interdisciplinariedad científico-técnica.

Si se adelanta una investigación de sistemas complejos en el área de la gestión tecnológica de las organizaciones productivas, donde el factor humano y el científico-tecnológico cumplen un papel fundamental como elementos del sistema generador de conocimiento científico, manejará factores esenciales para el análisis explicativo de fenómenos con características de complejidad. Además esta nueva corriente del saber pone de manifiesto una visión multidisciplinaria e interdisciplinaria en cuanto a la producción de ciencia y tecnología en las organizaciones productivas del país. Contribuyendo de esta forma al fortalecimiento de

los procesos productivos, dando como resultado un nuevo esquema de interpretación que potencie las capacidades productivas e innovativas de los centros de investigación.

En el caso particular de este trabajo se toma como objetivo identificar la capacidad tecnológica como sistema complejo adaptativo en los laboratorios químicos de los centros de investigación universitarios. Así como también, establecer los principios que rigen los sistemas complejos en los laboratorios de los centros de investigación universitarios.

II. ESTADO DEL ARTE

El primer antecedente que se presenta esta en relación con este estudio debido al abordaje que realizan los investigadores de la variable principal, este trabajo de investigación que tiene por nombre el Análisis de la capacidad tecnológica en Pymes metalmeccánicas: una metodología de evaluación García, Divitt, Ayala y Marina [7]. En su investigación ellos afirman que las pequeñas y medianas empresas (pymes) del sector metalmeccánico, requieren mejorar su desempeño empresarial de tal forma que esto permita el desarrollo de ventajas competitivas frente a mercados globales. Estas ventajas se pueden lograr de muchas formas, pero una de las fuentes que en los últimos años ha tomado gran importancia es a través del sistema de producción. En este trabajo se presenta una metodología para medir la capacidad tecnológica de producción en las pymes del sector metalmeccánico colombiano, con el objetivo de evaluar la gestión frente a dos aspectos específicos diseño y manufactura, y de acuerdo con los resultados proponer estrategias para que estas empresas puedan mejorar su capacidad tecnológica.

Por otra parte, la investigación titulada el proceso de gestión de innovación tecnológica: sus etapas e indicadores relacionados. Desarrollada por Figueroa, G [8], establece que en la Sociedad de Conocimiento globalizado, que caracteriza al mundo actual, la gestión de la innovación tecnológica se ha convertido en una nueva

disciplina, fundamental para contribuir con el fortalecimiento y la mejora de la competitividad de las organizaciones y los países. En este trabajo se analiza el proceso de gestión de innovación tecnológica, caracterizando cada una de sus etapas con los elementos más importantes. Mediante un análisis de los indicadores de ciencia y tecnología de Venezuela se presenta un panorama de la capacidad tecnológica del país como producto de la gestión del proceso de innovación tecnológica.

Así mismo, el estudio sobre la evolución de la capacidad tecnológica para ponerse al día, realizado por Meriño y Lugo [9], en el 2016 presentan un trabajo donde describen la evolución que se debe dar en las firmas que pretendan ponerse al día en sus capacidades tecnológicas. Este recorrido se extraerá de la revisión de la literatura más relevante de capacidades tecnológicas y dinámicas, y su relación con el desempeño innovador. La importancia de este trabajo radica en identificar las etapas claves que deben seguir las empresas que pretendan insertarse en dinámicas innovadoras. Encontrándose que, para poder iniciar estas fases se requiere una intencionalidad estratégica que permita la reconfiguración de una estructura organizativa que facilite la gestión tecnológica, con una orientación tanto interna como externa.

Por último y no menos importante se presenta la investigación que aborda la Intensidad innovadora, capacidad tecnológica y nivel de excelencia del equipo técnico de biogás en el proyecto BIOMAS-Cuba, trabajo desarrollado en el 2016 por Álvarez-Núñez, Suárez-Hernández y Quevedo-Benk [10] donde estos afirman que las tecnologías asociadas al biogás son las más utilizadas actualmente debido a su compatibilidad con el medioambiente, ya que, además de aprovechar el biocombustible, permiten tratar residuales de gran carga orgánica. Este estudio se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey con el objetivo de evaluar algunos indicadores clave, como la intensidad innovadora (IIE), la capacidad tecnológica (CTE) y el nivel de excelencia (NEE) del equipo técnico vinculado a las tecnologías de construcción y puesta en marcha de biodigestores. Se obtuvo una

IIE de 70 %, una CTE de 68%, y un NEE de 78 %.

Todas las evaluaciones coincidieron en que los aspectos más limitantes fueron: la generación y la protección de las innovaciones, el sistema de gestión de calidad utilizado y, en menor medida, la formulación de las estrategias de negocio. Se pudo concluir que el equipo técnico debe centrarse en concebir una estrategia de propiedad intelectual que regule los procedimientos para la protección de los resultados, además de crear un sistema de estimulación para los innovadores. Se recomienda implementar un sistema de gestión de la calidad, como lo regula la *International Standard Organization* (ISO). La evaluación de estos indicadores se considera pertinente, ya que permite detectar las limitaciones y proponer acciones para su solución.

De Los Principios De La Complejidad.

Según Velilla [11] la complejidad es un modo de pensar que intenta asumir el desafío, que le proponen la incertidumbre y la contradicción. Para recoger este desafío es menester un cambio de paradigma que relativice y ponga en cuestión los principios de conocimiento en que se funda el pensamiento clásico. Es decir, el pensamiento complejo debe complementar y confrontar el modo de pensar que separa con un modo de pensar apoyado en unos principios de conocimiento tales que devenga capaz de concebir la organización, que religue, contextualice y globalice. Pero el pensamiento complejo, al mismo tiempo que lucha por conectar lo separado, debe ser capaz de reconocer lo anormal, lo singular, lo concreto.

Con todo, para avanzar en la construcción de un problema, de semejante modo de pensar, es indispensable asumir el problema epistemológico. La epistemología de la complejidad no podría ser una epistemología de segundo orden, es decir, un saber del conocimiento del conocimiento. En suma, la aventura del método de la complejidad. Ésta es la apuesta de la complejidad [11]. A

continuación se desglosa los principios de la complejidad:

El Principio Dialógico o De Dialogización

El principio de dialogización es un principio de conocimiento que une o pone en relación ideas o principios de dos lógicas que de suyo son antagónicas. Esto es, él une dos principios o ideas que se excluyen mutuamente, pero que son inseparables dentro de una misma realidad o fenómeno.

El principio dialógico faculta al pensamiento en sus asociaciones y conexiones de conceptos o enunciados que se contradicen el uno al otro, pero que deben aparecer como dimensiones articuladas de lo mismo. Su vocación epistemológica es captar el modo de existencia, el funcionamiento y las interdependencias contextuales de un “fenómeno” complejo.

El principio dialógico es un principio de complejidad en el sentido de que afina el pensamiento para captar las contradicciones fecundadas que aparecen cada vez que tiene que vérselas con un sistema complejo, con la dimensión generativa de su organización. Así, para poder describir la dinámica de un sistema complejo es vital concebir una dialógica, un diálogo de lógicas entre orden, desorden y organización.

El principio dialógico conduce a la idea de “unidualidad compleja”. La unidualidad entre dos términos significa que éstos son, a la vez, ineliminables e irreductibles. Por separado, cada término o cada lógica resultan insuficientes, por lo que hay que relacionarlos a ambos y hacerlo en forma de bucle. Ninguno de los dos términos es reducible al otro (y en este sentido hay dualidad), pero tampoco son nítidamente separables, pues confluyen mutuamente (y en este sentido son uno).

En los problemas se suele ir en contra con tesis antagonistas que se plantean como enfrentadas, irreconciliables y excluyentes. Este modo de plantearlas es resultado del pensamiento simplificador, disyuntor y reductor que subyace a

ambas tesis. Un paradigma de la complejidad posibilita la asociación de las tesis o proposiciones contradictorias. Consideradas juntamente, las tesis alternativas suelen expresar verdades. Pero, al rechazar la tesis contraria y, consiguientemente, la parte de verdad que ésta contiene, aisladamente cada tesis resulta insuficiente y mutilante. Un paradigma de la complejidad nos insta a ver e integrar las dos tesis antagonistas, a desarrollar una visión poliocular [11].

El Principio De Recursión

En términos de complejidad, la noción de recursividad está asociada a la idea de bucle retroactivo, pero lo supera largamente; por tanto, va más allá de la idea cibernética de regulación.

El principio de recursividad conduce al pensamiento complejo a las ideas de autoproducción y autoorganización. Estas dos ideas, junto con el principio de recursividad, sirven para la comprensión científica de los sistemas complejos: la vida, el universo, la sociedad, etc.

El principio de recursividad es, pues, un principio de pensamiento fundamental no solo para asir la retroacción de los productos sobre el productor, sino también para reconocer y traducir, en términos de la teoría, aquellas entidades y características que son productos a la vez que productores y causas del mismo proceso que las produce: esto es un bucle recursivo.

El principio de recursividad es, por tanto, un principio vital a la hora de pensar la organización de un sistema complejo [11].

El Principio Hologramático

La voz griega holón significa “todo”. Pero no se trata de una totalidad. Es un todo que no totaliza.

El principio hologramático nos guía y nos permite concebir una de las características más sorprendentes e importantes de las organizaciones complejas: En una organización, el todo está inscrito en cada una de sus partes. Se trata,

obviamente, de una inscripción estructural del todo en la parte.

La noción de holograma parece capturar, siquiera de forma metafórica, un principio de organización general que estaría presente en muy diversos dominios de lo real: cada parte contiene dentro de sí el todo; cada parte debe su singularidad justamente a que, controlada por la organización del todo (producido por las interacciones de las partes), una pequeña parte del todo se expresa en él, pero, al mismo tiempo, sigue siendo portadora de las virtualidades del todo.

Parece claro, entonces, que el pensamiento complejo dispone de la posibilidad de religar el todo con la parte y la parte con el todo, así como de la posibilidad de no recaer en las trampas de la simplificación [11].

El Principio De Emergencia

Según el principio de emergencia, en las realidades (conjuntos o todos) organizadas emergen cualidades y propiedades nuevas (a las que podemos llamar “emergencias”) que no son reducibles a los elementos (partes) que las componen y que retroactúan sobre esas realidades.

Las emergencias son definibles como “las cualidades o propiedades de un sistema que presentan un carácter de novedad con relación a las cualidades o propiedades de los componentes considerados aisladamente o dispuestos de forma diferente en otro tipo de sistema” Morin. E. (1981) citado por Velilla [11]. A nivel del todo surgen propiedades nuevas que no estaban en las partes consideradas aisladamente o de manera sumativa.

El principio de emergencia nos muestra que no se puede sacrificar el todo a la parte – como hace el reduccionismo–, pero tampoco sacrificar la parte al todo –como hace el holismo–; no se puede reducir el todo a la parte ni de reducir la parte al todo, sino que se debe establecer un vaivén continuo e incesante entre el todo y sus partes.

El Principio De Auto-Eco-Organización

El principio de auto-eco-organización se opone a las dos siguientes explicaciones de los fenómenos humanos. Por un lado, al aislamiento del fenómeno de su “medio”. Por otro, a hacer del fenómeno un mero producto de determinaciones externas, a diluirlo en su “entorno”, teniendo siempre en cuenta que la consideración de algo como entorno o ecosistema depende del punto de vista o focalización adoptada por el observador / conceptuador.

En virtud del principio de auto-eco-explicación no puede haber “descripción ni explicación de los fenómenos fuera de la doble inscripción y de la doble implicación en el seno de una dialógica compleja que asocie de manera complementaria, concurrente y antagonista las lógicas autónomas e internas propias del fenómeno por una parte y las ecológicas de sus entornos por la otra” Morin, E (1983) citado por Velilla [11].

El principio de auto-eco-organización nos muestra, entonces por un lado, que la explicación de los fenómenos debe considerar tanto la lógica interna del sistema como la lógica externa de la situación o entorno; debe establecer una dialógica entre los procesos interiores y los exteriores. Por el otro, que todo fenómeno autónomo (auto-organizador, auto-productor, auto-determinado) debe ser considerado en relación con “su” entorno o ecosistema.

En síntesis, el principio de auto-eco-organización nos indica que el pensamiento complejo debe ser un pensamiento ecologizado que, en vez de aislar el objeto estudiado, lo considere en y por su relación eco-organizadora con su entorno. Ahora bien: la visión ecológica no debe significar una reducción del objeto a la red de relaciones que lo constituyen. El mundo no sólo está constituido por relaciones, sino que en él emergen *realidades* dotadas de una determinada autonomía. De aquí que lo que inseparablemente deba considerar el pensamiento complejo ecologizado sea la relación auto-eco-organizadora del objeto con respecto a su ecosistema [11].

El Principio De Borrosidad

Si bien no se propone de manera directa un principio tal, creemos que es un principio activo del pensamiento complejo y, de una forma u otra, está presente en él.

El principio de borrosidad se opone a la idea de que todos los enunciados y conceptos propios de las organizaciones complejas se puedan poner en blanco o negro, sin ambigüedad. El principio de borrosidad le permite al pensamiento razonar Morin, E (1988) citado por Velilla [11] con enunciados y conceptos inciertos o indecidibles.

El principio de borrosidad es un principio que se opone al principio de bivalencia y a la tendencia a no reconocer entidades de medianía. Es, pues, un principio que nos ayuda a concebir entidades mixtas o mezclas, producidas en el seno de una organización compleja. Así, el principio de borrosidad nos posibilita superar algunas de las dicotomías clásicas: hombre/mujer, ser/no ser. En suma, ir más allá de las ideas claras y distintas.

Por último, podemos agregar que los principios que se acaban de enunciar no pretenden convertirse en una metodología o técnica, aunque sí en principios que se instauren como una estrategia en la constitución de un “paradigma de la complejidad”

El paradigma de la complejidad, como tal, no existe: está en el horizonte. Lo que han hecho diversos pensadores en el campo de la complejidad es proponer una serie de principios paradigmáticos provisionales y ponerlos metodológicamente a prueba: pensar lo real desde esta perspectiva, buscar un modo de acción teniendo en cuenta estos principios. En este sentido se puede afirmar que el paradigma de la complejidad comprende, en su proceso, los modos simplificadores (porque la complejidad no excluye la simplificación). Se trata de recordar que se simplifica por razones prácticas y heurísticas, no para buscar verdades últimas. El pensamiento complejo no es una nueva lógica: es un pensamiento paradigmáticamente dialógico, nos muestra otros usos de la lógica, guiada hacia el afrontar permanentemente la contradicción.

El Concepto De Sistemas Complejos

Según García [4] un sistema complejo es “una *representación* de un *recorte* de la realidad compleja, conceptualizado como una *totalidad organizada* (de ahí la denominación de *sistema*) en la cual los elementos no son “separables” y por lo tanto no pueden ser estudiados aisladamente”.

Figueroa [6] este describe a los sistemas complejos de la siguiente manera:

En una forma sencilla, los sistemas complejos pueden describirse como una clase de problemas en donde: (a) la cantidad de variables en interacción sea muy grande; (b) la interacción de variables sea poca pero, desde el punto de vista científico, el tipo de interacciones sean no-lineales y, a pesar de su extremada sencillez, no los podamos resolver con nuestros actuales procedimientos matemáticos o teóricos y, (c) el conocimiento de las partes de un fenómeno no sea suficiente para conocer y explicar su comportamiento al integrarse como un todo. Lo más importante es que esta clase de fenómenos se repiten en muy diferentes áreas y disciplinas que, al estar fuertemente influenciadas por el reduccionismo, el atomismo o la búsqueda de modelos matemáticos —muy difíciles de construir— se han convertido en un nuevo esquema interpretativo: el de los sistemas complejos [6].

Los Sistemas Complejos Con Capacidad De Adaptación

Según Chiva y Camisón [12] La denominada teoría de la complejidad surgió en los años 60, no obstante su verdadero auge comenzó a mediados de los años 80. Esta teoría no constituye el primer acercamiento a los sistemas complejos de este siglo. Sin embargo, a diferencia de las anteriores aproximaciones, la actual pretende originar mecanismos para crear y mantener la complejidad, así como herramientas para describirla y analizarla [12].

La idea de la teoría de la complejidad incluye muchos campos de investigación

científica (tales como la vida artificial, el estudio de los fractales, etc.), entre los que destaca el estudio de los sistemas complejos con capacidad de adaptación.

La nueva teoría de la complejidad tiene implicaciones tanto en las ciencias naturales como en las sociales. El estudio de los sistemas complejos está tomando una creciente importancia en esta área, debido que: 1) según algunos autores (Gell-Mann, 1994; Stacey, 1996) citados por Chiva y Camisón [12], las organizaciones pueden ser consideradas como sistemas con capacidad de adaptación; 2) según Cohen (1999) citado por Chiva y Camisón [12], se le está dando una mayor importancia al enfoque dinámico de las organizaciones, el cual considera cómo surgen y cambian sus capacidades, límites y procesos. Los sistemas complejos con capacidad de adaptación son definidos por Gell-Mann (1994) citado por Chiva y Camisón [12] como aquellos que adquieren información acerca tanto de su entorno como de la interacción entre el propio sistema y dicho entorno, identificando regularidades, condensándolas en una especie de "esquema" o modelo y actuando en el mundo real sobre la base de dicho esquema.

Estos sistemas están implicados en procesos tales como el origen de la vida, la evolución biológica, el aprendizaje, los procesos mentales de los animales (incluido el ser humano), la evolución de las sociedades humanas o el comportamiento de los inversores en los mercados financieros. Además, Gell-Mann (1994) citado por Chiva y Camisón [12] afirma que entidades colectivas u organizativas tales como una empresa o una tribu constituyen en sí mismas sistemas complejos con capacidad de adaptación.

Así pues, estos sistemas están compuestos por una gran cantidad de elementos activos, los cuales pueden ser de distinta forma y facultad, que se caracterizan por su capacidad de adaptación, adecuación o ajuste a su entorno.

La teoría de la complejidad percibe a las organizaciones como sistemas complejos con capacidad de adaptación.

Sin embargo, los sistemas complejos con capacidad de adaptación humanos, tales como las

organizaciones y las empresas, poseen características que los distinguen de otros, entre las cuales podemos destacar las siguientes (Stacey, 1996) citado por Chiva y Camisón [12]: cada individuo es miembro de distintos y diferentes sistemas: familia, empresa etc.; los sistemas de mayor envergadura son construcciones sociales y no naturales, lo cual implica que son fruto de nuestra imaginación (empresa, industria etc.); a los agentes de estas organizaciones les afectan las emociones: compasión, ansiedad etc.; estos agentes son capaces de dar prioridad a sus propósitos mentales individuales en vez de a los del grupo; los agentes son conscientes y capaces de pensar de forma sistémica, a diferencia de otros animales como los pájaros o las hormigas; existen diferencias de poder entre los distintos agentes, y les influye.

Por todo ello, estos sistemas complejos humanos son si caben todavía más complejos, por lo que se debe ser muy cauteloso a la hora de plantear analogías con respecto a las características esbozadas anteriormente.

Tipos de Aprendizaje Tecnológico en los Laboratorios.

Las formas de aprendizaje tecnológico que se estudiaron en los laboratorios como habilidades técnicas del personal fueron las identificadas y son las siguientes: aprender razonando, aprender experimentando, aprender operando y aprender interactuando [13].

Aprender Razonando

El primero de los dominios se suele llamar individual-explicito ("conocimiento en el cerebro"). Se trata de un conocimiento formal, abstracto o teórico basado en el análisis lógico. Se puede hablar de aprender razonando *de* aprender estudiando.

Este es un conocimiento transferible y que se suele incorporar mediante la educación formal. La estructura típica de una organización basada en la burocracia profesional (*embrained knowledge*),

caracterizada por la gran autonomía de los profesionales individuales, como por ejemplo, en las universidades, los hospitales y las empresas dedicadas a la producción artesanal.

En este tipo de organizaciones está muy restringido el uso del conocimiento tácito, predominando las prácticas estandarizadas y la labor individual. Esto hace que la innovación sea restringida. El modelo social más acorde al funcionamiento de las burocracias profesionales es el denominado Modelo profesional, basado en una educación enfocada y elitista y una alta movilidad de los trabajadores entre diferentes empresas [13].

Aprender Experimentando

Un segundo dominio es el individual-tácito (conocimiento en el cuerpo). Se trata de un conocimiento orientado a la acción, basado en la propia experiencia individual. Se puede hablar de “aprender experimentando” o “aprender haciendo”.

Por su forma de generación y aplicación no necesita ser procesado a través de un esquema consciente de toma de decisiones. Su producción no puede ser separada de la aplicación y del involucramiento estrecho del actor en el contexto relevante. Se trata de un conocimiento fluido, emergente y asociado a la experiencia de individuos.

La estructura típica de una organización basada en la adhocracia operativa (*embodied knowledge*). En estas estructuras la estandarización de los procesos de trabajo es muy pequeña, y la operación está basada en el know-how, así como en las habilidades de los expertos que participan de la misma. Ejemplos típicos de este tipo de organización, son las agencias de publicidad, las consultoras gerenciales (*management*), las empresas de producción de software, entre otros.

Aprender Operando

Un tercer dominio es el colectivo-explicito (conocimiento en los procedimientos). Se trata de

conocimiento que ha sido codificado y almacenado en manuales, recetas, reglas y procedimientos y de acceso público. Se puede hablar de aprender operando o aprender estandarizando.

Este tipo de conocimiento, por ser codificable, reduce su dependencia de los individuos. Es el conocimiento típico de la gerencia científica, basado en el control y la estandarización de procedimientos.

La estructura típica de una organización basada en el conocimiento codificado (*encoded knowledge*), es la denominada burocracia maquinista. Sus principios básicos son la estandarización, la especialización y el control.

Existe una separación muy clara entre producción de conocimiento (que se da en los altos niveles jerárquicos de la organización) y su aplicación por parte de los individuos involucrados en la operación concreta de la organización [13].

Aprender Interactuando

Por último, un cuarto dominio es el colectivo-tácito (conocimiento en la interacción). Se trata de un conocimiento tácito que reside en las rutinas y prácticas organizacionales y en las normas compartidas. Se habla de aprender interactuando, aprender compartiendo o aprender conversando (*embedded knowledge*). Es el caso típico del aprendizaje basado en la constitución de equipos humanos que puede ser completamente articulado o transferido.

Está vinculado con la existencia de valores y comprensión compartida al interior de un grupo humano particular. Involucra, también, la generación de una forma particular de coordinar acciones, aprender y comunicarse construyendo una identidad compartida [13].

Capacidad tecnológica

La capacidad tecnológica es identificada como un factor de producción e innovación y está constituida por el conjunto de conocimientos y habilidades que dan sustento a estos procesos

[14]; abarca desde los conocimientos acumulados, la generación de transformaciones básicas, los procesos complejos de producción de bienes y servicios, los conceptos de procesamiento, transformación y reciclaje de materias primas, hasta la configuración y desempeño de los productos finales resultantes. Por tanto, se trata de un factor que envuelve todo el proceso productivo en todas sus etapas [15].

El concepto de capacidad tecnológica se relaciona con elementos de gestión tecnológica que guían el crecimiento y desarrollo sostenido de una organización y envuelve conocimientos, técnicas y habilidades para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías tal como lo argumenta [16], es decir, que incluyen las capacidades de innovación y las capacidades de absorción de tecnología para su uso [15], [16].

La capacidad tecnológica se entiende como un conjunto de habilidades dinámicas y cambiantes [2], [17] que son esenciales para el uso del conocimiento científico y tecnológico disponible, y por ende, se han convertido en un recurso vital para generar innovación en las organizaciones. Haciendo a estas más competitivas en la medida que se mejoren los procesos internos y se aprovechen mejor los conocimientos y las capacidades permitiendo dar respuestas a problemas pertinentes a la sociedad, con el fin de aumentar la capacidad de solucionar problemas y adaptarse a los cambios del entorno competitivo [2], [14], [15], [17].

III. METODOLOGÍA

Como contexto de esta investigación se tienen a los laboratorios de química de los Centros de Investigaciones adscritos a las Universidades Públicas del Estado Carabobo, estos son los centros de investigaciones básicas y/o aplicadas más importantes de la Región Carabobeña, tanto por la producción de sus conocimientos, como por el impacto en la solución de problemas industriales al sector empresarial del Estado.

Tipo de la Investigación

En relación con el carácter descriptivo, donde los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis [18].

En este tipo de investigación se busca precisar o determinar condiciones o características dentro de un hecho o problema dentro de la comunidad en estudio, aspira a la obtención de un conocimiento detallado del comportamiento de los laboratorios de química en los centros de investigación bajo ciertas condiciones de estudio.

Diseño de la Investigación

En correspondencia con los objetivos delimitados de manera primaria la investigación se orienta hacia la incorporación de un diseño de campo, apoyada en una investigación documental.

Por cuanto, este diseño de investigación permite no sólo observar sino recolectar los datos directamente de la realidad objeto de estudio, en su ambiente cotidiano, para posteriormente analizar e interpretar los resultados de esta indagación.

Así mismo, la investigación de campo, según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador [19], la define como el análisis sistemático de problemas con el propósito de describirlos, explicar sus causas y efectos, entender sus naturalezas y factores constituyentes, los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad con el propio estudiante. Definido el estudio y el diseño de investigación en función de su dimensión temporal donde se obtendrá la recolección de los datos, esta investigación es de tipo transeccional. Los diseños de investigación transeccional o transversales recolectan datos de un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar sus incidencias en un momento dado [18].

Población y Muestra

En el caso que ocupa, referido a determinar la relación entre la capacidad tecnológica y sistemas complejos en laboratorios químicos de centros de investigaciones de las universidades públicas del Estado Carabobo. La población para ésta investigación es conformada por todos aquellos laboratorios químicos en los centros de investigación que se encuentren ubicados en dicha jurisdicción, tomando en cuenta los investigadores (69) que lo conforman, pertenecientes a investigadores químicos de los siguientes once (11) centros de investigación:

Cuadro N° 1. Universidades Públicas en el Estado Carabobo y sus Centros de Investigaciones con laboratorios químicos.

Universidad	Centro de Investigación
Universidad de Carabobo (UC)	-Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas (CIMBUC) -Centro de Investigaciones Toxicológicas (CITUC) -Centro de Investigaciones en Litiasis Renal y Enfermedades Metabólicas (UNILIME) -Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET). -Centro de Investigación en Microbiología Ambiental (CIMA) -Centro de Investigaciones de Materiales (CIM). -Centro de Investigaciones Químicas (CIQ). -Centro de investigaciones y extensión en ambiente , biología y química (AmBioQuim) -Centro de investigaciones en biotecnología aplicada. (CIBA) -Instituto de investigaciones en biología molecular (BioMol)
Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas (UNEFA)	X
Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNERS)	-Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos; Estación Experimental Santa Ana, Bejuma
Universidad Nacional Abierta (UNA)	X
Universidad Bolivariana de Venezuela (UBV)	X

La muestra se considera censal pues se seleccionó el 100% de la población al considerarla un número manejable de sujetos. La muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra. De allí, que la población a estudiar se precise como censal por ser simultáneamente la población y muestra [20].

Técnicas de Procesamiento de la Información

La técnica de procesamiento de la información se realizó a través de una clasificación de la información adquirida. La información adquirida fue sometida a un análisis estadístico, permitiendo descifrar lo que revelan los datos recogidos.

Las técnicas de análisis de datos, son aquellas técnicas por medio de las cuales se presentan e interpretan los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento [21].

Los resultados que se obtuvo con la aplicación del instrumento fueron codificados y clasificados, utilizando estadística descriptiva presentándolos posteriormente en cuadros de frecuencia absoluta y frecuencia relativa.

Instrumento de Recolección de Datos

Como instrumento de recolección de datos, se utilizó el cuestionario de preguntas tipo Lickert, que de acuerdo a Malave [22] es un tipo de instrumento de medición o de recolección de datos que se dispone en la investigación social para medir actitudes. Por lo tanto es una técnica estructurada para recopilar datos, que consiste en una serie de items, que debe responder un encuestado. Para esta investigación el instrumento consta de 32 items para ser aplicado a los sujetos de estudio (ver Anexo A). Las respuestas fueron de tipo Actitudinal, donde:

- TED es totalmente en desacuerdo, ED en desacuerdo,
- NA/ND, ni de acuerdo/ni en desacuerdo,
- DA de acuerdo, y
- TA totalmente de acuerdo.

Técnicas de Análisis de Datos.

IV. RESULTADOS

Las técnicas de análisis de datos, son aquellos procedimientos por medio de las cuales se presentan e interpretan los resultados obtenidos con la aplicación del cuestionario [18], [21]. Por lo tanto, la técnica de análisis de datos representa la forma de cómo será procesada la información recolectada. Es por ello, que la técnica que se utilizará para el desarrollo de esta investigación es la estadística descriptiva.

Validez y Confiabilidad.

La validez del instrumento de recolección de datos se determinó aplicando un procedimiento denominado juicio de expertos, donde tres (3) especialistas en metodología de la investigación, en el contenido de trabajo de grado y en estadístico, evaluaron el instrumento en los siguientes aspectos:

A) Coherencia de los objetivos de la investigación.

B) Redacción de las instrucciones y de los Ítems.

La validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir [18]. Para efectos de interpretación, Chourio [23], señala que cualquier instrumento de recolección de datos que se aplique por primera vez y muestre un coeficiente de al menos 0,60 puede considerarse satisfactorio.

La fórmula para calcular la confiabilidad de un instrumento de recolección de datos que presente dos alternativas de solución.

Vectores Constitutivos del Coeficiente Alfa:

$$\text{Alfa } \alpha = k/k-1 * [1-S_i/S_r]. \text{ (Ec.1)}$$

*k=nº de Ítems del instrumento.

*S_i=Sumatoria de la Varianza Instrumento.

*S_r=Desviación estándar.

*Mediante el programa estadístico SPSS versión 15 el Coeficiente: **Alfa α= 0,78** resultando un instrumento altamente confiable.

A continuación se presenta un análisis estadístico descriptivo de las respuestas obtenidas por el instrumento de recolección de datos, luego de haberse aplicado el cuestionario a los investigadores establecidos en la muestra, actores principales de los laboratorios químicos en los centros de investigación. Este tratamiento se basa en la determinación de frecuencias relativas en porcentajes, por ítem a cada alternativa de respuesta de los investigadores encuestados, el análisis de la información capturada es una primera aproximación al sector de la población investigada que permite conocer, de forma global, sus opiniones y actitudes respecto de los asuntos encuestados.

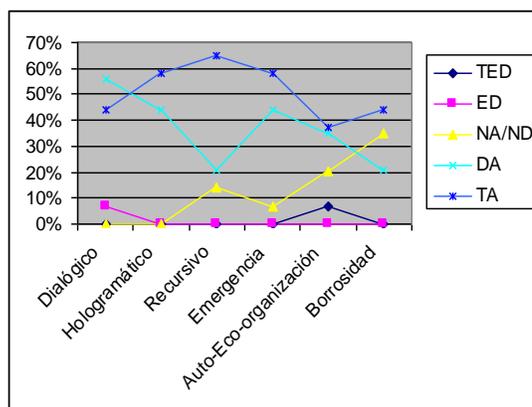


Figura N° 1.- Dimensión de Sistemas Complejos Adaptativos

En el grafico anterior se puede notar la tendencia de la dimensión sistemas complejos el cual va desde el ítem 1 al 12, en relación a las frecuencias relativas de cada ítem. Se puede observar a lo largo del grafico que las respuestas afirmativas (TA: totalmente de acuerdo y Da: de Acuerdo) en relación a la presencia de un sistema complejo adaptativo están en el orden de la alta presencia superando los 55% hasta la muy alta presencia que corresponde a los superiores a 65%, observándose como fluctúan los valores entre estas categorías.

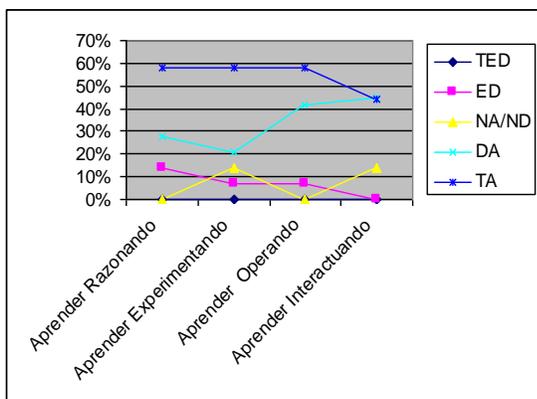


Figura N° 2.- Dimensión Tipos de Aprendizaje Tecnológico en un Laboratorio

En este grafico se observan los Items del 13 al 20 en líneas de tendencias que representa las formas de aprendizaje tecnológico que están presentes en los laboratorios de los centros de investigación en el estudio nótese que la mayoría de los porcentajes por ítem se ubican por encima del 55% indicando una alta aplicación en dichas formas, observándose también que algunos ítem alcanzan valores por encima del 55%. Lo cual indica que en los centros de investigación convergen dichas formas de aprendizaje tecnológico de manera simultánea, decayendo un poco en el ultimo tipo de aprendizaje, el cual se refiere al aprendiendo interactuando, lo que representaría una posible poca socialización entre el personal del laboratorio.

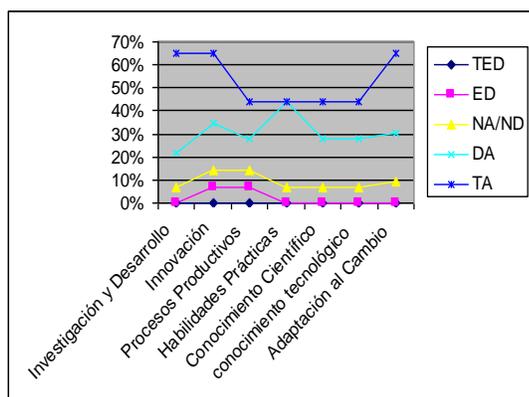


Figura N° 3.- Dimensión Capacidad Tecnológica

En el grafico anterior se puede notar como los valores de las frecuencias relativas de los ítems del

21 al 32 son superiores a los 65% en los ítems investigación y desarrollo, innovación y adaptación al cambio. Esto indica, una alta tendencia a que los laboratorios químicos en los centros de investigación se comporten como sistemas no lineales en la construcción de su capacidad tecnológica. También se observa una muy alta presencia de algunos ítems con modelos lineales de comportamiento indicando que los laboratorios tienden a comportarse de forma lineal o rígida cuando se trata de determinar las habilidades de un investigador, su conocimiento científico y tecnológico, un comportamiento tipo del trabajo científico. Como se ha dicho, los centros de investigación, son organizaciones de alta complejidad que siguen actividades académicas en un entorno de actividades científicas y tecnológicas, y lo que requieren es disponer de una red de interconexiones para la construcción de su aprendizaje y capacidad tecnológica en los laboratorios de química de los centros de investigación universitarios. Y esto va a depender de los principios de los sistemas complejos presentes; las formas de aprendizaje tecnológico en los laboratorios para la construcción de su capacidad tecnológica, y todos los factores que en ellos estén involucrados, que condicionen la asimilación y el dominio tecnológico.

V. APROXIMACIONES A LA CAPACIDAD TECNOLÓGICA COMO SISTEMA COMPLEJO ADAPTATIVO EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA

Primera Reflexión.

Este modelo de análisis propuesto se sustenta básicamente en las teorías de la complejidad, más específicamente en los principios de los sistemas complejos, ya que desde un punto de vista práctico la capacidad tecnológica no es más que un sistema complejo en sí mismo debido a que es una representación de una parte de la realidad compleja que tiene vida en un laboratorio químico, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema) en la cual los elementos como el

personal, la tecnológica existente y la organización no son separables y por lo tanto no pueden ser estudiados aisladamente, para poder entender como surge el aprendizaje tecnológico y por ende la capacidad tecnológica en una organización como esta.

Si vemos a los fundamentos de la capacidad tecnológica como factores que están interrelacionados, pero que a la vez son independientes, podemos establecer que entre estos factores se produce un proceso dialógico [11]. Porque estos factores interrelacionados como la investigación, desarrollo, innovación, producción, el dominio y la adaptación del conocimiento, van a formar al mismo tiempo sinónimo y antónimo, sinónimo (ser parte intangible-tangible del laboratorio) y antagónicos también (relación individuo-instrumentos o herramientas tecnológicas) entre sí. Porque indiscutiblemente el factor humano del proceso de capacidad tecnológica esta lleno de subjetividad y sensibilidad, susceptible a los cambios de su entorno. Por lo tanto se manifiesta una unidualidad compleja [11], que le permite a la organización captar fenómenos que se contradicen el uno al otro favoreciendo al pensamiento y a los procesos investigativos y de innovación.

Pero el factor de las herramientas tecnológicas es un elemento objetivo por sí mismo, siendo estos antagónicos con respecto al anterior, pero se hacen uno en el elemento organizacional del centro de investigaciones. Es este punto de vista complejo lo que le da a la gestión tecnológica y por ende a la capacidad tecnológica su real interés dentro de las ciencias de la complejidad.

Dentro del centro de investigación que esté en el proceso de construcción de sus capacidades tecnológicas el principio de recursividad de la complejidad se pone de manifiesto, porque este principio establece la retroalimentación en forma de bucle [11]. Y esto especifica que el recurso humano que construye el aprendizaje tecnológico y su capacidad tecnológica, necesariamente esta en un proceso de retroalimentación, entre los individuos (subjetivo), y en un proceso de retroalimentación con la parte tecnológica

(objetivo) [2], [17]. El individuo busca aprender en colectivo aquellas características que son poco comprensibles como la autoproducción del conocimiento y la autoorganización del mismo para armar su capacidad tecnológica a partir del dominio total de la tecnología disponible.

El sujeto investigador al mismo tiempo necesita interactuar con la tecnología para poder entender y mejorar los procesos productivos de la organización. Cuando vemos a la capacidad tecnológica y los elementos que lo forman, no podemos dejar de lado que todos estos elementos o factores forman un todo, y este todo no es más que el centro de investigaciones.

La construcción de la capacidad no deja de lado lo holístico o lo hologramático de sus elementos intervinientes. Porque no se puede estudiar a la organización dejando de lado al capital humano, pero tampoco se puede estudiar a la organización dejando de lado la tecnología [1]. Y es aquí, donde el centro de investigación que está en proceso de construcción de su capacidades tecnológicas esta en cada uno de los factores que la forman. Siendo estos independientes pero que forman una unión indivisible en un laboratorio. También este principio se manifiesta en aquellos centros donde sus estudios de fenómenos complejos buscan oponerse a la simplificación del conocimiento [11], sino que más bien está en función de estudios que abarquen fenómenos sistémicos tomando en cuenta todos los factores que lo forman.

Por lo tanto, el orden en estos sistemas complejos emerge de las características internas de los grupos humanos y las tecnologías. Siendo generadores del conocimiento acumulado, dando un resultado general de múltiples interacciones que se comportan de manera no lineal. Es decir, surgen nuevas ideas del colectivo que no se tenían previstas y que enriquecen el dominio de la tecnología. Esta característica no lineal es el punto de diferencia donde emergen o surgen resultados impredecibles a partir de la interacción entre los elementos de la capacidad tecnológicos. Es por esto que el principio de emergencia sirve para explicar la generación de ideas innovadoras y el

logro de la capacidad tecnológica en una organización productiva.

El proceso de construcción de la capacidad tecnológica es un sistema complejo que presenta una tendencia a la auto-eco-organización.

Este principio se conceptualiza como la emergencia o surgimiento espontáneo de nuevas estructuras organizacionales y nuevas formas de comportamiento en grupos abiertos conformados por los individuos. Es necesario resaltar que todos los sistemas vivos presentan auto-eco-organización y es necesario reconocer a las organizaciones como un organismo vivo que están en constante crecimiento. Lo que determina a los laboratorios de los centros de investigaciones como sistemas complejos con capacidad de adaptación porque son sistemas formados por agentes heterogéneos que se relacionan entre sí y con su entorno, siendo capaces de adaptar su comportamiento de forma ilimitada basándose en su experiencia [12].

En los laboratorios químicos el principio de auto-eco-organización busca el estudio de fenómenos contextualizados con su entorno, donde las funciones internas de los fenómenos se estudian al igual que las externas, con el fin de obtener una visión más cercana a la realidad de estos.

El principio de borrosidad en aplicación a la organización de un centro de investigación está basado en la comprensión de la misma unidualidad compleja que toman los individuos y la organización en sí misma. Es decir, supera aquellas situaciones organizacionales piramidales, sino que más bien busca la comprensión y la determinación de un colectivo horizontal, con capacidad plena de superar las dicotomías [11], [12].

En un laboratorio de un centro de investigación universitario el principio de borrosidad aborda fenómenos donde se superan las dicotomías disciplinares, más bien busca incrementar estos fenómenos de estudio ayudando a concebir entidades mixtas, multidisciplinarias e interdisciplinarias producidas en los mismos fenómenos de estudio e incluso en la misma organización compleja como son los laboratorios

de química de los centros de investigaciones de las universidades públicas.

Segunda Reflexión.

Las entidades colectivas u organizativas, como las empresas y los centros de investigaciones [12], constituyen en sí mismos sistemas complejos con capacidad de adaptación. Así pues, estos sistemas están compuestos por una gran cantidad de elementos activos, los cuales pueden ser las distintas formas de aprendizaje tecnológico que adquieren sentido en un laboratorio de un centro de investigación, y que se caracterizan por su capacidad de adaptación, adecuación o ajuste a su entorno, condiciones necesarias para lograr su capacidad tecnológica.

Es por esto que el aprendizaje tecnológico que permite construir la capacidad tecnológica toma distintas formas según las características que se presenten en el laboratorio, en tal sentido cuando se toman en cuenta el análisis lógico como principal fuente de conocimiento para el aprendizaje de fenómenos de alta complejidad, permitiendo la exhibición y una amplia motivación del conocimiento explícito, el laboratorio se acerca a una forma de aprendizaje denominado aprender razonando que tiene como propósito [13],[14], favorecer la abstracción y el conocimiento teórico de fenómenos de alta complejidad, fenómenos que se dan con gran frecuencia en centros de investigaciones de universidades.

Los laboratorios químicos son organizaciones sistémicas formados por agentes heterogéneos como investigadores, estudiantes, técnicos y administrativos que se relacionan entre sí y con su entorno, siendo capaces de adaptar su comportamiento de forma ilimitada basándose en su experiencia. El comportamiento basado en un sistema no puede ser inferido a partir de los agentes, sino que más bien busca su explicación en el conjunto [4], [6], [12]. Porque permite reconocer el conocimiento científico y tecnológico fundamentado en la experiencia de los empleados y en la acción del colectivo que conforma la organización. Basando su operación en las actividades del *know-how*, como principal

característica del tipo de aprendizaje tecnológico caracterizado por la acción y la experimentación como lo es el aprendiendo experimentando [13], sólido sustento de dos elementos de la capacidad tecnológica como es la investigación y desarrollo, además de la innovación, ejes fundamentales en un laboratorio de centros de investigación.

Desde la complejidad la actividad operativa o la documentación de procedimientos surge de la generación de ideas productivas que se analizaron desde la emergencia, que no es otra cosa que el registro de la producción de conocimiento, es decir, de su investigación, desarrollo e innovaciones surgidas en el seno del trabajo colectivo del laboratorio. Y es aquí donde el centro de investigaciones como organización se apropia de la tecnología cuando ya es capaz de registrar su asimilación y dominio tecnológico, permitiendo posicionar al laboratorio químico en pleno control de sus capacidades tecnológicas.

Se trata más bien de un conocimiento que ha sido codificado y almacenado [13]. Cuando se evidencian estas características se está en presencia de un aprendizaje tecnológico que toma forma operativa.

Entonces la capacidad tecnológica se vislumbra como un proceso social de acumulación de conocimientos y experiencias [14], [15], tal como son las experiencias acumuladas de una empresa, o las de un centro de investigación, o también puede ser la experiencia individual acumulada. En relación a esto, cada sistema, cada agente es distinto de los demás agentes, y su desempeño depende de los otros agentes y del propio sistema, el cual influye en su comportamiento, con lo que el contexto adopta un papel fundamental en la organización de un laboratorio químico.

Cada individuo desempeña una función definida por sus relaciones, las cuales plantean flujos de información y conocimiento. Este comportamiento de sistema se manifiesta explícitamente en los trabajos en equipo para abordar fenómenos o problemas complejos, pues es allí donde el trabajo multidisciplinario e interdisciplinario adquiere una connotación de proceso colectivo y por lo tanto se expresa un tipo

de aprendizaje tecnológico característico de estos grupos como es el aprendiendo interactuando [13]. Donde se involucra, una forma particular de coordinar acciones, aprender y comunicarse construyendo una identidad compartida por todo el laboratorio de un centro de investigación.

Tercera Reflexión.

El estudio de los sistemas complejos está tomando una creciente importancia como nuevo paradigma científico, debido a que los laboratorios químicos y los centros de investigaciones son organizaciones pueden ser consideradas como sistemas con capacidad de adaptación [12]. Dando una mayor importancia también al enfoque dinámico de las organizaciones, el cual considera cómo surgen y cambian sus capacidades, límites y procesos. Los sistemas complejos son definidos como aquellos que adquieren información acerca de su entorno como de la interacción entre el propio sistema y dicho entorno, identificando regularidades, condensándolas en una especie de modelo y actuando en el mundo real sobre la base de dicho esquema [4], [5], [6].

Es necesario en este punto plantear una relación muy importante entre la capacidad tecnológica y estos sistemas, debido a que la capacidad en un centro de investigación presenta una alta complejidad en relación a la aplicación del conocimiento científico y tecnológico. Esto se menciona por cuanto de ellos dependen los tipos de relaciones posibles de un laboratorio de química de un centro de investigación entre el sector productivo, el sector universitario y el entorno regional [2], [17].

La capacidad tecnológica tiene en cuenta que el punto de partida para el desarrollo tecnológico está dado por las condiciones de la demanda de conocimiento y las del mercado, así que independientemente si la respuesta viene dada por un esfuerzo científico o tecnológico, los centros de investigación utilizan los conocimientos que estén a su alcance para responder de manera rápida y oportuna a un

mercado cambiante que demanda soluciones tecnológicas.

En la capacidad tecnológica se aprecia a la innovación como un cambio tecnológico novedoso que permite producir un valor agregado y que es producto del proceso del aprendizaje que tiene lugar en un laboratorio, aunado que la innovación es también el resultado de una direccionalidad del conocimiento acumulado por el sujeto investigador.

Al observar a la capacidad tecnológica como un sistema dinámico, donde la obtención de las ventajas competitivas de una organización se consolidan cuando los procesos colectivos interrelacionados construyen, organizan y modifican conocimientos, experiencias y habilidades, que permiten la adaptación de ellas a su entorno produciendo bienes y servicios como resultado de sus procesos de investigación y desarrollo [16]. Este proceso de adaptación de conocimientos y experiencias es el eje principal del proceso dinámico de aprendizaje y capacidad tecnológica, debido a que reconoce que su productividad como laboratorio esta relacionado estrechamente con el trabajo humano coordinado con su entorno productivo, es decir, con las organizaciones que demandan conocimiento y soluciones efectivas.

La capacidad tecnológica como un modelo no lineal fomenta una profunda revisión de los niveles de desarrollo tecnológico que posee el laboratorio del centro de investigación. Este análisis le permite realizar vigilancia tecnológica para poder mantenerse al día con los procesos investigativos y con los adelantos que se producen en las líneas de investigación manejadas en el laboratorio y en el centro.

Y estas condiciones de entorno científico-técnico describen en su totalidad principios de complejidad donde se deben tomar en cuenta lógicas internas y lógicas externas de un centro de investigación para que este se encuentre bajo el enfoque de sistema complejo, y fecunde un comportamiento auto-eco-organizativo que lo lleve a un proceso exitoso de construcción de su capacidad tecnológica.

VI. CONCLUSIÓN

Al finalizar esta investigación se puede decir que la capacidad tecnológica como sistema complejo adaptativo, se define como un proceso colectivo interrelacionado, el cual permite a los individuos de la organización que construyan, organicen y modifiquen conocimientos científico-técnicos, adaptándolos a su entorno. Este proceso de adaptación y obtención de conocimientos es el eje principal del proceso dinámico de aprendizaje, asimilación y dominio tecnológico que requieren los laboratorios químicos en los centros de investigación de las universidades.

Los sistemas complejos adaptativos se manifiestan en un laboratorio como una red de interconexiones que abarca todas sus dimensiones y realidades, en forma de nodos que sustentan su construcción y mantenimiento a través de múltiples factores de interés, que le permitirán al laboratorio de investigaciones químicas el alcance de su desarrollo tecnológico mediante un verdadero proceso de innovación, que tenga sustento y relevancia en el entorno. Cada una de las dimensiones de la investigación y el desarrollo químico representa en sí misma un sistema complejo que se fundamenta en la organización, los investigadores, sus conocimientos y habilidades, como sustento de su aprendizaje tecnológico y su capacidad tecnológica. El personal y el laboratorio como organización, la tecnología y el estudio de fenómenos con carácter multidisciplinario e interdisciplinario, son la base para la tenencia de una capacidad tecnológica como sistema complejo adaptativo, son estos, los elementos a tener en cuenta para el fomento de las habilidades creativas e innovadoras que potencien la producción de conocimientos en un laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] **Parisca, S y Barrios, S (1985)**. Aprendizaje tecnológico: base del nuevo desarrollo industrial. Revista en Línea Espacios. Vol. 5 (1) 1985. Pág 2. [Revista en línea]: Disponible en:

- <http://www.revistaespacios.com/a85v05n01/85050120.html>.(p.8) [Consulta: 2017, Julio 10].
- [2] **García A, Pineda, D y Andrade M (2015)** capacidades tecnológicas para la innovación en empresas manufactureras. Revista en línea Universidad & Empresa, Bogotá (Colombia) 17 (29): 257-278. Disponible en : <http://www.redalyc.org/html/1872/187243745011/> [Consulta: 2017, Agosto 02].
- [3] **Llisterri, J. J., & Pietrobelli, C. (2016)**. Los sistemas regionales de innovación en América Latina. (p.16).
- [4] **García, R (2006)**. Sistemas complejos Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Editorial Gedisa, S.A. Paseo de la Bonanova 9, 1º 1a 08022 Barcelona, España. (p.87).
- [5] **Carboni, R (2010)**. Bifurcaciones: Sistemas Complejos como denominador común. [Página web en línea]: Disponible en: http://www.cea.ucr.ac.cr/catedrau/attachments/018_Bifurcaciones%20sistemas%20complejos%20como%20denominador%20com%20C3%BA%20.pdf. (p.10). [Consulta: 2017, Julio 23].
- [6] **Figuroa, J (2008)**. Los sistemas complejos: una perspectiva contemporánea. Revista en Línea Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, Vol. 8, Núm. 30, julio diciembre, 2008, pp. 5-13. [Revista en línea]: Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/342/34283001.pdf>[Consulta : 2017, Julio 23].
- [7] **García V, Divitt J, Ayala S, y Marina L, (2012)**. Análisis de la capacidad tecnológica en Pymes metalmeccánicas: una metodología de evaluación. *Revista ean*, (72), 128-147.
- [8] **Figuroa, G. (2015)**. El proceso de gestión de innovación tecnológica: sus etapas e indicadores relacionados. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 21(1), 59-90.
- [9] **Meriño D y Lugo W (2016)**. Estudio sobre la evolución de la capacidad tecnológica para ponerse al día, Artículo presentado en 5to congreso internacional de gestión tecnológica, Bucaramanga Colombia. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Walter_Ruiz_Castaneda/publication/309589189_EVOLUCION_DE_LA_CAPACIDAD_TECNOLOGICA_PARA_PONERSE_AL_DIA/links/58189a0708ae50812f5da37c/EVOLUCION-DE-LA-CAPACIDAD-TECNOLOGICA-PARA-PONERSE-AL-DIA.pdf?origin=publication_detail. [Consulta: 2017, Mayo10].
- [10] **Álvarez-Núñez, L. M., Suárez-Hernández, J., & Quevedo-Benki, J. R. (2016)**. Intensidad innovadora, capacidad tecnológica y nivel de excelencia del equipo técnico de biogás en el proyecto BIOMAS-CUBA. *Pastos y Forrajes*, 39(4), 291-301.
- [11] **Velilla, M. (comp). (2002)**. Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo. Bogotá: ediciones jurídicas Gustavo Ibáñez.
- [12] **Chiva R y Camisón C, (2002)**. Aprendizaje Organizativo y Sistemas Complejos con Capacidad de Adaptación: Implicación en las Gestiones del Diseño de Productos. Editorial publicaciones de la Universitat Jaume I, 1era Edición, Madrid España.
- [13] **Flores M y Ferrer E (2010)**. Formas de Aprendizaje Tecnológico en la Migración de Software Propietario a Software Libre en Universidades Venezolanas. Revista en Línea REVECITEC de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. [Revista en línea]: Disponible en: <http://www.publicaciones.urbe.edu/index.php/revecitec/article/viewArticle/165/168>. [Consulta: 2017, Julio 25]
- [14] **Katz, J. (2006)**. Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de la CEPAL*.
- [15] **García F y Navas J (2007)**. Las capacidades tecnológicas y los resultados empresariales. Un estudio empírico en el sector biotecnológico español. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, (32).
- [16] **Lugones, G., Suarez, D., & Gregorini, S. (2007)**. La innovación como fórmula para mejoras competitivas compatibles con incrementos salariales. Evidencias en el caso argentino. *Documento de trabajo*, 36.
- [17] **Molina, F. T. (2006)**. El contexto de implicación: capacidad tecnológica y valores sociales. *Scientiae Studia*, 4(3), 473-484.
- [18] **Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010)**. Metodología de la investigación. 5ta edición (p.135). México, DF.
- [19] **Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2008)**. Manual De Trabajos De Grado De Especialización, Maestría Y Doctorales. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. 4ta Edición. (p. 14). Caracas, Venezuela.
- [20] **de Zárraga, J. (2009)**. Por qué, qué y para qué investigamos: la trastienda de la investigación social/Why, What and for What We Research: the Backroom of Social Research. *Política y sociedad*, 46(3), 37.
- [21] **Arias, F (2012)**. El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica. Editorial Episteme. 8va Edición, Caracas, Venezuela.
- [22] **Malave, N (2007)**. Trabajo Modelo para Enfoques de Investigación Acción Participativa Programas Nacionales de Formación. Escala Tipo Likert. [Página web en línea]: disponible en: <http://uptparia.edu.ve/documentos/F%C3%ADsico%20de%20Escala%20Likert.pdf>. (p. 3). [Consulta: 2017, Mayo 06].
- [23] **Chourio, J (1999)** Estadística II. Editorial Biosfera. Caracas, Venezuela.

Anexo A
Cuadro 2. Instrumento de recolección de datos tipo Lickert.

Leyenda:

TA = Totalmente de acuerdo; **DA** = De acuerdo; **NA/ND** = Ni de acuerdo ni en desacuerdo; **ED**= En desacuerdo; **TED**= Totalmente en desacuerdo

N°	ITEMS	ALTERNATIVAS DE RESPUESTAS				
		TA	DA	NA/ND	ED	TED
1	Favorece el pensamiento para captar las contradicciones de conceptos, así como de enunciados que se contradicen el uno al otro.					
2	Favorece la utilización de términos distintos pero al mismo tiempo son irreductibles, para conducir a la idea de unidualidad compleja.					
3	Promueve la idea de autoproducción, además de la autoorganización del conocimiento.					
4	Busca reconocer, en términos de la teoría, aquellas características que son productos y a la vez que productores.					
5	Promueve estudios que se oponen a la simplificación del conocimiento.					
6	Aborda estudios de fenómenos sistémicos, tomando en cuenta sus partes y el todo.					
7	Reconoce a la innovación tecnológica como una cualidad emergente del conocimiento.					
8	Produce conocimiento de forma colectiva.					
9	Promueve la contextualización de sus fenómenos de estudio.					
10	Desarrolla estudios donde se consideren las lógicas internas, así como las externas de los fenómenos.					
11	Produce conocimientos donde se superen las dicotomías disciplinarias.					
12	Ayuda a concebir entidades mixtas, producidas en el seno de una organización compleja.					
13	Promueve el conocimiento a través del proceso de análisis lógico.					
14	Exhibe, motiva el conocimiento explícito.					
15	Reconoce el conocimiento que provee los empleados de gran experiencia.					
16	Mantiene una operación basada en el know-how.					
17	Promueve el conocimiento basado en el control, así como la estandarización de procedimientos.					
18	Diferencia entre producción del conocimiento y su aplicación operativa					
19	Fomenta el trabajo en equipo.					

20	Promueve equipos de trabajo multidisciplinarios.					
21	Fomenta actividades sistemáticas para aumentar el nivel de conocimiento científico- técnico del centro					
22	Utiliza de los resultados de estos trabajos para conseguir nuevos dispositivos, productos, materiales					
23	Introduce modificaciones a elementos, procesos ya existentes con el fin de mejorarlos y renovarlos.					
24	Produce operaciones que se lleven a cabo para concretar la producción de bienes y servicios.					
25	Exhibe destreza o facilidad para desarrollar actividades o tareas intelectuales					
26	Exhibe destrezas para desempeñar tareas que se alcanzan y desarrollan por medio de la formación, capacitación, entrenamiento y la experiencia.					
27	Aborda investigaciones verificables y sustentados en evidencia recogidos por las teorías científicas					
28	Fundamenta sus investigaciones en el razonamiento lógico y exacto del método científico					
29	Fomenta la aplicación de saberes dirigido a la creación, manipulación y evaluación de artefactos tecnológicos					
30	Aplica conocimientos que tiene una finalidad práctica, pretendiendo actuar sobre la realidad.					
31	Se adapta a las circunstancias del entorno científico-técnico que le rodea en cada momento					
32	Comprende los cambios de contextos científico- tecnológicos					